

明 細 書

光伝送システム

技術分野

- [0001] 本発明は、光送信部と光受信部とそれらの間を接続する光伝送路とで構成される光伝送システムに関し、特に、多モード光伝送路のモード分散・モード遷移に基づく波形劣化を抑制できるようにすることで、従来以上に長い距離での高速な光伝送を実現する光伝送システムに関する。

背景技術

- [0002] 従来、建物のフロア内、フロア間、および建物間のLAN(ローカルエリアネットワーク)配線などにおいては、複数モード伝搬可能な光伝送路である多モード光ファイバが広く用いられてきた。これは、コア径が $50\mu\text{m}$ または $62.5\mu\text{m}$ 程度と大きいことで接続作業が容易であるということや、周辺機器・部品が低価格であるということなどによるものである。
- [0003] このように、従来の光伝送システムでは、図13に示すように、光送信部2と光受信部3との間を、複数モード伝搬可能な光伝送路である多モード光ファイバ1を使って接続している。
- [0004] 近年、コンピュータの高性能化や画像データの増加に伴い、これら光伝送路の高速化が求められているが、図13のような従来構成の光伝送システムの場合、多モード光ファイバ1内を伝搬する複数モード間の伝搬遅延差(モード分散)に起因する波形劣化のために、伝送可能な距離は 10Gbit/s において82m程度、最近の広帯域(2000MHz-km)の多モード光ファイバを用いても300m程度と限られていた。
- [0005] このため、すでに古い光ファイバを敷設済みの建物においては、これまでの 100Mbit/s や 1Gbit/s から 10Gbit/s へとネットワークを高速化しようとする場合に、伝送距離が十分でないため、新規に単一モード光ファイバや広帯域多モード光ファイバを敷設し直さなければならない場合が多く、多額の費用を要するという問題点があった。
- [0006] 一方、多モード光ファイバが用いられている場合に、モード分散の影響を回避する

方法として、例えば図14に示すように、多モード光ファイバ1の入口部分に単一モード光ファイバ4を接続した構造により、送信側で最低次モードを励振するという発明が開示されている(例えば、特許文献1参照。)

- [0007] また、受信側のモード制限としては、 $1.2\sim 1.7\mu\text{m}$ という長波長では単一モード伝送特性を示すものの、 $0.6\sim 1.0\mu\text{m}$ という短波長では多モード伝送特性を示すことになるコア径 $10\mu\text{m}$ 程度のステップインデックス型光ファイバが光伝送路として用いられている場合に、 $0.6\sim 1.0\mu\text{m}$ という短波長に対しても単一モード伝送特性を示すことになるコア径 $6\mu\text{m}$ 程度のステップインデックス型光ファイバを出口部分に接続することにより、 $0.6\sim 1.0\mu\text{m}$ という短波長の光を用いて従来以上に広帯域な伝送を行うようにする発明が開示されている(例えば、特許文献2参照。)

特許文献1: 米国特許US6185346

特許文献2: 特開2003-21723

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0008] しかしながら、特許文献1に記載される発明により、入口部分で最低次モードのみを励振するようにしても、光伝送路の途中で光ファイバが曲がったり応力がかかったりすることで、高次モードの発生することが避けられない。しかるに、この発明では、受信側における高次モードについては何ら考慮しておらず、これから、結局、伝搬中に発生した高次モードによりモード分散の影響がでてしまうことで波形劣化が避けられないという問題点がある。

- [0009] また、特許文献2に記載される発明では、光伝送路として、コア径 $10\mu\text{m}$ 程度のステップインデックス型の所謂単一モード光ファイバ(短波長では多モード動作)が想定されている。仮にこれを、コア径のさらに大きい例えばコア径 $50\mu\text{m}$ のステップインデックス型の多モード光ファイバ(長波長、短波長の両方で多モード動作)にまで拡大して適用しようと試みた場合、励振される基底モードの直径は $40\mu\text{m}$ 程度と大きいことから、モード直径 $10\mu\text{m}$ 程度の所謂単一モード光ファイバ(励振用の光ファイバ)との結合損失が1接続点当り6dB以上と無視できないほど大きくなり、実用的でないという問題点がある。

- [0010] 一方、多モード光ファイバには、ステップインデックス型の多モード光ファイバの他に、グレーデッドインデックス型の多モード光ファイバがある。
- [0011] このグレーデッドインデックス型の多モード光ファイバは、内部を伝搬する複数モード間の伝搬遅延差(モード分散)に起因する波形劣化を抑制するために、コアにおける屈折率分布に位置依存性を持たせている。
- [0012] しかしながら、「IEEE802. 3(2002年改訂)、IEEE802. 3ae(2002年)」において標準化されているような従来構成の光伝送システムの場合、モード分散が抑制されたグレーデッドインデックス型の多モード光ファイバを用いたとしても、残留するモード分散に起因する波形劣化のために、伝搬可能な距離は上述した距離とそれほど変わらない大きな制約を受けることになる。
- [0013] このようなことを背景にして、本出願人は、先に出願した特願2003-296968で、グレーデッドインデックス型の多モード光ファイバが光伝送路として用いられている場合に、モード分散の影響を回避して伝送距離を延伸する方法として、光送信部と光伝送路との間または光伝送路の途中に励振機構を設けて、特定モード(具体的には基底モード)のみを励振させるとともに、光伝送路の途中または光伝送路と光受信部との間に透過機構を設けて、特定モード(具体的には基底モード)のみを透過させるようにするという発明を開示した。
- [0014] 図15に、この本出願人が開示した光伝送システムの構成を図示する。図中、10はグレーデッドインデックス型多モード光ファイバ、11はコヒーレント光を発する光送信部、12は直接変調可能なコヒーレント光源、13は励振用単一モード光ファイバ、14は透過用単一モード光ファイバ、15は光受信部を表している。
- [0015] この本出願人が開示した光伝送システムによれば、光伝送路の途中で特定モード以外に遷移したモード成分は透過機構となる透過用単一モード光ファイバ14において除去されることから、モード分散に起因する波形劣化を抑制し、伝搬距離を延伸することが可能となる。また、励振用単一モード光ファイバ13は透過用単一モード光ファイバ14が透過するモードのみを励振することから、効率のよい光伝送が可能となる。
- [0016] しかしながら、本出願人が開示した発明にあるような光伝送システムでは、一般に

光送信部の光源としてコヒーレント光源を用いるため、機械的な擾乱に対して大きな波形劣化を生じる可能性があるという問題点がある。図16に、この問題点を説明する図を示す。

- [0017] 図中に示す励振機構としての励振用単一モード光ファイバ13は、グレーデッドインデックス型多モード光ファイバのモードAを励振する。図中に示すX点において、屈折率の局所的なずれやマイクロベンディング等により、一部がモードBに遷移する。上述したように、そのままモードBを伝搬した光は、図中に示す透過機構としての透過用単一モード光ファイバ14により光受信部に到達することが阻止される。
- [0018] しかし、モードBの一部は、X点と透過機構との間のY点で屈折率の局所的なずれやマイクロベンディング等が生じていると、再びモードAに戻ることが起こる。このとき、モードAをそのまま伝搬してきた光の波形と、モードBを経由して再びモードAに戻った光の波形とは、Y点でそのまま加算されるわけではない。光は波動性を有するため、モードAをそのまま伝搬してきた光とモードBを経由して再びモードAに戻った光との位相差により、位相が揃えば強め合いの干渉を生じ、逆位相となれば打ち消しあいの干渉を生じることになる。
- [0019] この場合、光送信部の光源としてコヒーレント光源を用いると、伝搬する光の位相が高い精度で揃えられるため、強い干渉効果が出現する。従って、グレーデッドインデックス型多モード光ファイバが機械的な擾乱を受けると、モードAをそのまま伝搬してきた光とモードBを経由して再びモードAに戻った光との位相差が変化するため、光受信部における受信波形に大きな劣化を生じる。
- [0020] 実際のグレーデッドインデックス型多モード光ファイバでは、モード間遷移を生じるのはX点・Y点のみではなく光ファイバ全体で生じており、また、遷移するモードは1つのみではなく非常に多くのモードが伝搬に寄与するため、非常に複雑な干渉効果を生じることになる。
- [0021] 本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであって、多モード光伝送路のモード分散・モード遷移に基づく波形劣化を抑制できるようにすることで、従来以上に長い距離での高速な光伝送を実現する新たな光伝送システムの提供を目的とする。
- 課題を解決するための手段

- [0022] この目的を達成するために、本発明の光伝送システムは、非コヒーレント光を送信する光送信部と、前記光送信部が送信する前記非コヒーレント光又は前記光送信部からマルチモード型光伝送路を介して送信される前記非コヒーレント光のうち所定のモードを励振して送信する励振機構と、前記励振機構からマルチモード型光伝送路を介して送信される前記非コヒーレント光のうち所定のモードを透過させて送信する透過機構と、を有する。
- [0023] また、本発明の光伝送システムは、非コヒーレント光を送信する光送信部と、前記光送信部が送信する前記非コヒーレント光又は前記光送信部からマルチモード型光伝送路を介して送信される前記非コヒーレント光のうち所定のモードを励振して送信する励振機構と、前記励振機構からマルチモード型光伝送路を介して送信される前記非コヒーレント光のうち所定のモードを透過させて送信する透過機構と、前記透過機構が送信する前記非コヒーレント光又は前記透過機構からマルチモード型光伝送路を介して送信される前記非コヒーレント光を受信する光受信部と、を有する。
- [0024] また、本発明の光伝送システムは、非コヒーレント光を送信する光送信部と、前記光送信部が送信する前記非コヒーレント光又は前記光送信部からマルチモード型光伝送路を介して送信される前記非コヒーレント光のうち所定のモードを励振して送信する励振機構と、前記励振機構から送信される前記非コヒーレント光を伝送するマルチモード型光伝送路と、前記励振機構から前記マルチモード型光伝送路を介して送信される前記非コヒーレント光のうち所定のモードを透過させて送信する透過機構と、を有する。
- [0025] また、本発明の光伝送システムは、非コヒーレント光を送信する光送信部と、前記光送信部が送信する前記非コヒーレント光又は前記光送信部からマルチモード型光伝送路を介して送信される前記非コヒーレント光のうち所定のモードを励振して送信する励振機構と、前記励振機構から送信される前記非コヒーレント光を伝送するマルチモード型光伝送路と、前記励振機構から前記マルチモード型光伝送路を介して送信される前記非コヒーレント光のうち所定のモードを透過させて送信する透過機構と、前記透過機構が送信する前記非コヒーレント光又は前記透過機構からマルチモード型光伝送路を介して送信される前記非コヒーレント光を受信する光受信部と、を有す

る。

- [0026] 前記構成を採るに当たって、前記光送信部は、非コヒーレント光源と、該非コヒーレント光源から出射される光を変調して前記非コヒーレント光として出射する光変調器と、を有することが望ましい。
- [0027] また、前記光送信部は、直接変調可能で且つ前記非コヒーレント光を出射する非コヒーレント光源を有することが望ましい。
- [0028] また、前記非コヒーレント光源がASE光源であることが望ましい。
- [0029] また、前記マルチモード型光伝送路として、グレーデッドインデックス型光伝送路或いはステップインデックス型光伝送路を用いることが望ましい。
- [0030] 前記マルチモード型光伝送路がグレーデッドインデックス型光伝送路の場合、コア径 $40\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下であるグレーデッドインデックス型多モード光ファイバで構成されていることが望ましい。
- [0031] また、前記マルチモード型光伝送路がグレーデッドインデックス型光伝送路の場合、コア径 $50\mu\text{m}$ または $62.5\mu\text{m}$ であるグレーデッドインデックス型多モード光ファイバで構成されていることが望ましい。
- [0032] 前記マルチモード型光伝送路がステップインデックス型光伝送路の場合、コア径 $40\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下であるステップインデックス型多モード光ファイバで構成されていることが望ましい。
- [0033] また、前記マルチモード型光伝送路がステップインデックス型光伝送路の場合、コア径 $50\mu\text{m}$ または $62.5\mu\text{m}$ であるステップインデックス型多モード光ファイバで構成されていることが望ましい。
- [0034] また、前記所定のモードが基底モードであることが望ましい。
- [0035] また、前記励振機構として、単一モード型光伝送路を用いることが望ましい。
- [0036] この場合、前記単一モード型光伝送路として、単一モード光ファイバ若しくは単一モード平面光波回路を用いることが望ましい。
- [0037] また、前記励振機構は、前記光送信部から送信される前記非コヒーレント光を透過するレンズを含み、前記光送信部から送信される前記非コヒーレント光の所定の低次モードを前記レンズによって集光して送信することが望ましい。

- [0038] また、前記励振機構は、前記光送信部から送信される前記非コヒーレント光を通過させる開口孔を有する絞りを含み、前記光送信部から送信される前記非コヒーレント光の所定の低次モードを前記絞りによって選択して送信することが望ましい。
- [0039] この場合、前記絞りは、前記光送信部から送信される前記非コヒーレント光を通過させる第1の絞りと、該第1の絞りを通過した前記非コヒーレント光を通過させる第2の絞りと、を含むことが望ましい。
- [0040] このように、励振機構としては、単一モード光ファイバや単一モード平面光波回路で構成される単一モード型光伝送路を用いたり、レンズを含む光学系を用いたり、光伝送路コア部の特定位置に開口部を有する絞りを有することができる。
- [0041] また、前記透過機構として、単一モード型光伝送路を用いることが望ましい。
- [0042] この場合、前記単一モード型光伝送路として、単一モード光ファイバ若しくは単一モード平面光波回路を用いることが望ましい。
- [0043] また、前記透過機構は、前記励振機構から送信される前記非コヒーレント光を透過するレンズを含み、前記励振機構から送信される前記非コヒーレント光の所定の低次モードを前記レンズによって集光して送信することが望ましい。
- [0044] また、前記透過機構は、前記励振機構から送信される前記非コヒーレント光を通過させる開口孔を有する絞りを含み、前記励振機構から送信される前記非コヒーレント光の所定の低次モードを前記絞りによって選択して送信することが望ましい。
- [0045] この場合、前記絞りは、前記励振機構から送信される前記非コヒーレント光を通過させる第1の絞りと、該第1の絞りを通過した前記非コヒーレント光を通過させる第2の絞りと、を含むことが望ましい。
- [0046] このように、透過機構としては、単一モード光ファイバや単一モード平面光波回路で構成される単一モード型光伝送路を用いたり、レンズを含む光学系を用いたり、光伝送路コア部の特定の位置に開口部を有する絞りを有することができる。

発明の効果

- [0047] 本発明の光伝送システムによれば、多モード光伝送路のモード分散による波形劣化を抑制できるようになることで、従来以上に長い距離での高速な光伝送を実現できるようになるとともに、モード間遷移に伴う干渉効果を抑制することにより、機械的な擾

乱による受信波形の劣化を抑制することができるようになる。そして、グレーデッドインデックス型多モード光ファイバやステップインデックス型多モード光ファイバで構成される既設のローカルエリアネットワークに対して本発明を適用することで、その既設のローカルエリアネットワークの高速化を図ることができることから、ローカルエリアネットワークの高速化を低コストで実現できるようになる。

図面の簡単な説明

- [0048] [図1]第1の実施形態のシステム構成の一例を示す図である。
[図2]第2の実施形態のシステム構成の一例を示す図である。
[図3]本発明の説明図である。
[図4]本発明の効果を示す図である。
[図5]第3の実施形態のシステム構成の一例を示す図である。
[図6]第3の実施形態のシステム構成の別の例を示す図である。
[図7]第4の実施形態のシステム構成の一例を示す図である。
[図8]第4の実施形態のシステム構成の別の例を示す図である。
[図9]第5の実施形態のシステム構成の一例を示す図である。
[図10]第6の実施形態のシステム構成の一例を示す図である。
[図11]第7の実施形態のシステム構成の一例を示す図である。
[図12]第7の実施形態の絞りの別形態の一例を示す図である。
[図13]従来技術のシステム構成を示す図である。
[図14]従来技術のシステム構成を示す図である。
[図15]本出願人が開示した光伝送システムの構成を説明する図である。
[図16]本出願人が開示した光伝送システムの問題点を説明する図である。

符号の説明

- [0049] 図中の符号の説明は次の通りである。1は多モード光ファイバ、2は光送信部、3は光受信部、4は単一モード光ファイバ、10はグレーデッドインデックス型多モード光ファイバ、11はコヒーレント光を発する光送信部、12は直接変調可能なコヒーレント光源、13は励振用単一モード光ファイバ、14は透過用単一モード光ファイバ、15は光受信部、16、17、18はマルチモード型光伝送路、20は非コヒーレント光を発する光

送信部、21は励振機構、22透過機構、100-106は本実施形態に係る光伝送システム、500-502は従来の光伝送システム、201は非コヒーレント光源、202は光変調器、203は波長フィルタ機構、204は偏波制御機構、205は直接変調可能な非コヒーレント光源、30は励振用単一モード平面光波回路、31は透過用単一モード平面光波回路、40は接続用グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ、41は接続用グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ、50は励振用光学系、51は透過用光学系、60は接続用グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ、61は接続用グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ、70は励振用絞り、71は透過用絞り、80は接続用グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ、81は接続用グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ、82は送信データ

発明を実施するための最良の形態

[0050] 以下、本発明について、実施形態を示しながら詳細に説明するが、本発明はこれらの記載に限定して解釈されない。

〔第1の実施の形態〕

図1に、本発明による光伝送システムの第1の実施形態の例を示す。

[0051] 図中、16、17、18はマルチモード型光伝送路、20は非コヒーレント光を発する光送信部、21は励振機構、22は透過機構、15は光受信部を表している。

[0052] 図1に示す光伝送システム100は、非コヒーレント光90aを送信する光送信部20と、光送信部20からマルチモード型光伝送路17を介して送信される非コヒーレント光90aのうち所定のモードを励振して光受信部15に向けて非コヒーレント光90bを送信する励振機構21と、励振機構21から送信される非コヒーレント光90cを伝送するマルチモード型光伝送路16と、励振機構21からマルチモード型光伝送路16を介して送信される非コヒーレント光90cのうち所定のモードを透過させて光受信部15に向けて非コヒーレント光90dを送信する透過機構22と、透過機構22からマルチモード型光伝送路18を介して送信される非コヒーレント光90dを受信する光受信部15と、を有する。

[0053] このように、本実施形態による光伝送システム100は、本出願人が開示した図15に示す光伝送システムの構成を探るときにあつて、非コヒーレント光を発する光送信部2

0を用いることを基本構成とする。なお、本実施形態では、光送信部20と励振機構21とをマルチモード型光伝送路17で接続し、透過機構22と光受信部15とをマルチモード型光伝送路18で接続した形態を示しているが、励振機構21は光送信部20が送信する非コヒーレント光90aを直接励振することとしてもよい。この場合、マルチモード型光伝送路17でのモード分散による伝送劣化をなくすることができる。また、光受信部15は透過機構22が送信する非コヒーレント光90dを直接受信することとしてもよい。この場合、マルチモード型光伝送路18でのモード分散による伝送劣化をなくすることができる。

[0054] 本実施形態による光伝送システム100では、光送信部20は、非コヒーレント光90aを送信する。非コヒーレント光は、干渉性が少ない。そのため、最終的に光受信部15で受信される光の伝搬遅延差による干渉自体を抑制することができる。従って、光受信部15で受信される波形の劣化を抑制することができる。ここで、光送信部20は、非コヒーレント光90aの光源である非コヒーレント光源を備えることが望ましい。さらに、非コヒーレント光源は、ASE (Amplified Spontaneous Emission) 光源であることが望ましい。ASE光源は、高輝度で広帯域な非コヒーレント光を発する光源である。光送信部20は、ASE光源を備えることで、広帯域な光伝送が可能となる。

[0055] また、本実施形態による光伝送システム100では、励振機構21は、光送信部20から送信される非コヒーレント光90aのうち所定のモードを励振して送信する。ここで、励振とは、系を通過させるモードを選択することをいう。すなわち、励振機構21は、光送信部20から送信される非コヒーレント光90aのうち所定のモードを選択して送信する。所定のモードを選択して送信することで、光伝送路を伝搬する光のモードを予め所定の低次モードに限定できるため、非コヒーレント光90aのうちマルチモード型光伝送路17の機械的擾乱等によりモード分散した光の主に高次モードを削除することができる。また、マルチモード型光伝送路16へ主に低次モードに限定した非コヒーレント光90bを送信することができるため、マルチモード型光伝送路16内での非コヒーレント光90bのモード分散を抑制することができる。

[0056] また、励振機構21が励振する所定モードは、低次モード、特に基底モードであることが望ましい。基底モードとは、最低次モードのことである。所定モードを基底モード

とすることで、光ファイバの中心近くを伝搬するモードが励振されるため、モード分散が小さく広帯域な周波数特性が得られる。なお、以下の記載において、「低次モード」には、「基底モード」が当然含まれる。

- [0057] この場合、光伝送システム100では、励振機構21として励振用単一モード光ファイバを適用することが望ましい。単一モード光ファイバは、光ファイバを伝搬する光のモードが1つのものである。励振機構21として励振用単一モード光ファイバを適用することで、光送信部20から送信される非コヒーレント光90aの励振機構21への入射角を簡易に限定して、基底モードを励振することができる。
- [0058] また、本実施形態による光伝送システム100では、透過機構22は、上記励振機構から送信される上記非コヒーレント光90bのうち所定のモードを透過させて送信する。所定のモードを透過させて送信することで、マルチモード型光伝送路16の機械的擾乱によるモード分散した非コヒーレント光を主に低次モードに限定して光送信部15に向けて送信することができる。そのため、光受信部15における受信波形の劣化を防止することができる。
- [0059] また、透過機構22が透過させる所定モードは、低次モード、特に基底モードであることが望ましい。基底モードとは、最低次モードのことである。所定モードを基底モードとすることで、光ファイバの中心近くを伝搬するモードを透過させるため、モード分散が小さく広帯域な周波数特性が得られる。
- [0060] この場合、本実施形態による光伝送システム100では、透過機構22として透過用単一モード光ファイバを適用することが望ましい。透過用単一モード光ファイバは、励振機構21によって送信される非コヒーレント光90cの透過機構22への入射角を限定することができるため、基底モードを簡易に透過させることができる。
- [0061] また、本実施形態による光伝送システム100では、マルチモード型光伝送路16としてステップインデックス型多モード光ファイバを適用することができる。ステップインデックス型多モード光ファイバは、コア中心部の屈折率をクラッドの屈折率よりも高く且つ均一とし、コア中心部の屈折率とクラッドの屈折率とが不連続に変化した光ファイバである。ステップインデックス型多モード光ファイバを伝搬する光は、コアとクラッドとの境界で全反射しながら伝搬する。そのため、ステップインデックス型多モード光ファ

イバでは、光ファイバの屈折率の局所的なずれやマイクロベンディング等の機械的な擾乱が生じた場合、機械的な擾乱が生じた点で光の軌道が変化し又は反射角度が変化する。そのため、低次モードの光であっても軌道の変化や反射角度によっては、高次モードへと遷移する場合がある。このような光ファイバの機械的な擾乱は、光ファイバの全体で生じるため、光ファイバを伝搬する光のモードは複雑に遷移する。その結果、光の伝搬遅延差により干渉が生じ、波形が劣化する。

[0062] しかし、本実施形態の光伝送システム100では、励振機構21により、マルチモード型光伝送路16としてのステップインデックス型多モード光ファイバを伝搬する非コヒーレント光を予め低次モードに限定することができる。そして、透過機構22により、マルチモード型光伝送路16としてのステップインデックス型多モード光ファイバで遷移した非コヒーレント光のうち低次モードを選択して送信することができるため、モード分散を抑制することができる。さらに、光伝送システム100では光送信部20と光受信部15との間で送受信する光として非コヒーレント光を適用するため、各モード間での干渉自体を抑制することができる。従って、光伝送システム100では、マルチモード型光伝送路16としてのステップインデックス型多モード光ファイバでの光のモード分散及び各モード同士での干渉による波形の劣化を抑制でき、伝送品質を向上させることができる。

[0063] また、このステップインデックス型多モード光ファイバは、コア径 $40\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下であることが望ましい。ステップインデックス型多モード光ファイバのコア径を $40\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下と比較的大きくすることで、接続作業を容易なものとすることができる。さらに望ましくは、コア径 $50\mu\text{m}$ または $62.5\mu\text{m}$ である。コア径 $50\mu\text{m}$ または $62.5\mu\text{m}$ の光ファイバは規格品として存在しているため、光ファイバに接続される周辺機器・部品を低価格とすることができる。

[0064] また、本実施形態による光伝送システム100では、マルチモード型光伝送路16としてのステップインデックス型多モード光ファイバに代えてグレーデッドインデックス型多モード光ファイバを適用することができる。グレーデッドインデックス型多モード光ファイバは、コア中心部の屈折率を最大とし、外側に向かって低くした光ファイバである。

- [0065] コアに入った光の軌道は、コアの周辺部の屈折率が低い部分で曲げられるためコア中心を軸にして蛇行する曲線となる。また、コア中心部の屈折率がコア周辺部の屈折率よりも相対的に高いために、コア中心部を伝搬する光の速度はコア周辺部の光の速度より遅くなる。そのため、光のモードによらず伝搬速度を一定にすることができる。
- [0066] しかし、グレーデッドインデックス型多モード光ファイバでは、光ファイバ内の屈折率を連続的に変化させるため、グレーデッドインデックス型多モード光ファイバを製造するに際して屈折率を理想的な状態とすることが困難である。この場合、グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ内を伝搬する光は、伝送距離が長くなると光ファイバの屈折率の局所的なずれによって各モード間で伝搬速度が相対的に変化する。そのため、グレーデッドインデックス型多モード光ファイバであっても伝送距離が長くなると、光ファイバ内を伝搬する光に伝搬遅延差が生じることとなる。
- [0067] 一方、本実施形態による光伝送システム100では、励振機構21により、マルチモード型光伝送路16としてのグレーデッドインデックス型多モード光ファイバを伝搬する非コヒーレント光を予め低次モードに限定することができる。そして、透過機構22により、マルチモード型光伝送路16としてのグレーデッドインデックス型多モード光ファイバでモード分散した非コヒーレント光のうち主に低次モードを選択して送信することができるため、各モード間での伝搬遅延差によるモード分散を抑制することができる。さらに、光伝送システム100では光送信部20と光受信部15との間で送受信する光として非コヒーレント光を適用するため、各モード間での干渉自体を抑制することができる。従って、光伝送システム100では、マルチモード型光伝送路16としてのグレーデッドインデックス型多モード光ファイバでの光のモード分散及び各モード同士での干渉による波形の劣化を抑制でき、伝送品質をより向上させることができる。
- [0068] また、このグレーデッドインデックス型多モード光ファイバは、コア径 $40\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下であることが望ましい。グレーデッドインデックス型多モード光ファイバのコア径を $40\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下と比較的大きくすることで、接続作業を容易なものとすることができる。さらに望ましくは、コア径 $50\mu\text{m}$ または $62.5\mu\text{m}$ である。コア径 $50\mu\text{m}$ または $62.5\mu\text{m}$ の光ファイバは規格品として存在しているため、光ファイバに接

続される周辺機器・部品を低価格とすることができる。

[0069] なお、複数のモードを有する光を伝送可能な光伝送路であれば、本実施形態による光伝送システム100に適用することができる。そして、光伝送システム100では、上記説明したように光伝送路で生じたモード分散及び各モード同士の干渉による伝送劣化を抑制することができる。

[0070] なお、本実施形態では、光受信部15を備えた形態を示した。光受信部15を備えることで、伝送劣化が極めて少ない光伝送システムを構成できる。一方、光受信部15を備えない場合も本実施形態に含まれている。この場合は、光受信部15を備えていない本実施の形態の光伝送システムを、光受信部を備えた既存の光伝送システムに組込むことが可能で、既存の光伝送システムを伝送劣化の極めて少ないものとすることができる。

[0071] ここで、光伝送システム100の動作について、図1を参照しながら説明する。

[0072] まず、光送信部20は、光送信部20に入力された送信データ82が光信号に変換された非コヒーレント光90aを光受信部15に向けて送信する。光送信部20から送信される非コヒーレント光90aは、励振機構21を伝搬し、非コヒーレント光90bとしてマルチモード型光伝送路16に入射する。ここで、非コヒーレント光90aは、励振機構21により、主に低次モードに限定して送信されるため、マルチモード型光伝送路16を伝搬する非コヒーレント光90bのモード分散を抑制することができる。

[0073] マルチモード型光伝送路16を伝搬した非コヒーレント光90cは、透過機構22を透過し、非コヒーレント光90dとして光受信部15に向けて送信される。ここで、非コヒーレント光90cは、透過機構22により、主に低次モードに限定して光受信部15に向けて送信されるため、非コヒーレント光90dのモード分散を抑制し、光受信部15の受信波形の劣化を抑制することができる。さらに、光送信部20と光受信部15との間で送受信する光として非コヒーレント光を適用するため、各モード間による干渉自体を抑制することができる。従って、光受信部15における受信波形の劣化を防止することができる。

以上説明したように、本実施形態に係る光伝送システム100では、多モード光伝送路のモード分散・モード間遷移に基づく各モード間の干渉による波形劣化を抑制で

きるようにすることで、従来以上に長い距離での高速な光伝送を実現することができる。

[0074] [第2の実施の形態]

図2に、本発明による光伝送システムの第2の実施形態の例を示す。なお、以下に示す実施形態では、第1の実施の形態の光伝送システムをより具体化したものについて説明する。

[0075] 図中、10はマルチモード型光伝送路としてのグレーデッドインデックス型多モード光ファイバ、20は非コヒーレント光を発する光送信部、13は励振機構としての励振用単一モード光ファイバ、14は透過機構としての透過用単一モード光ファイバ、15は光受信部を表している。

[0076] このように、本実施形態による光伝送システム101は、本出願人が開示した図15に示す光伝送システムの構成を採るときにあつて、非コヒーレント光を発する光送信部20を用いることを基本構成とする。なお、光送信部20の構成は、第1の実施の形態で説明したものと同様である。

[0077] ここで、図3に、図2に示すマルチモード型光伝送路を伝搬する非コヒーレント光のモード間遷移の一例を示した概略図を示す。図3に示すように、励振機構としての励振用単一モード光ファイバ13から送信される非コヒーレント光90bは、一部がX点で例えば、光ファイバのマイクロベンディングによってモードAからモードBに遷移する。モードBに遷移して伝搬する光は、その一部がY点で例えば、光ファイバのマイクロベンディングによって、再びモードAに戻る。また、別の一部は、X点において、モードBには遷移せずモードAを保持したまま透過機構としての透過用単一モード光ファイバ14に向けて伝搬する。そして、モードAを保持したまま伝搬してきた光とモードBを経由して再びモードAに戻った光とがY点において干渉する。なお、図3では、X点、Y点の前段での光信号の位相状態を正弦波を用いて概略的に示している。

[0078] 図2に示す本実施形態に係る光伝送システム101によれば、光送信部20の光源として非コヒーレント光源を用いるため、図3に示すように伝搬する光の位相がコヒーレント光源を用いた場合のように揃っておらず、干渉性が悪い。このため、図3に示すように、図16で示したY点で生じる、モードAをそのまま伝搬してきた光とモードBを経

由して再びモードAに戻った光との干渉効果は弱くなる。従って、グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ10の内部で、屈折率の局所的なずれやマイクロベンディング等によるモード間遷移が生じていたとしても、機械的な擾乱による受信波形の劣化は生じない。

[0079] また、図4に図2に示す伝送システム101の光受信部15における受信パワーの経時変化を示す。図4において、実線は非コヒーレント光による場合の受信パワーの経時変化を示し、点線はコヒーレント光による場合の受信パワーの経時変化を示す。

[0080] この図に示すように、従来の光伝送システムでは、一般にコヒーレント光源を用いているため、温度変化や振動等の機械的な擾乱により受信パワーに経時変化を生じているが、図2に示す光伝送システム101では、光送信部20に非コヒーレント光源を用いているため、このような機械的な擾乱による影響を受けにくく、受信パワーの経時変化は殆ど生じない。

[0081] なお、光伝送システム101の動作は、第1の実施の形態で説明したものと同様である。

[0082] [第3の実施の形態]

図5に、本発明による光伝送システムの第3の実施形態の例を示す。ここで、図2で説明したものと同一のものについては同一の記号で示している。

[0083] 本実施形態では、光送信部20が、非コヒーレント光源201と光変調器202とで構成されている。光変調器202は、光変調器202に入力される送信データ82に基づいて非コヒーレント光源201から送信される光を変調し、非コヒーレント光90aとして送信する。上記変調は、強度変調、波長変調等の変調方法を適用することができる。

[0084] この非コヒーレント光源201としては、ファイバアンプの自然放出光を取り出すASE光源、スーパーluminescenceダイオード(SLD)、発光ダイオード(LED)等を利用することができる。また、光変調器202としては、公知の LiNbO_3 結晶を用いたLN変調器、電界吸収型(EA)の変調器等を利用することができる。

[0085] 本実施形態の光伝送システム102では、光送信部20に非コヒーレント光源201、光変調器202を備えることで、光送信部20が情報送信機としての機能を有することとなる。

ここで、本実施形態の光伝送システム102の光送信部20の動作について説明する。なお、光送信部20から送信される非コヒーレント光90aが光受信部15に受信されるまでの光伝送システム102の動作については、第1の実施の形態において説明したものと同様である。

[0086] まず、非コヒーレント光源201から光変調器202に非コヒーレント光90eが送信される。そして、光変調器202は、送信データ82が入力された時に、入力された送信データ82に基づいて非コヒーレント光90eを例えば強度変調して非コヒーレント光90aとして送信する。

[0087] 以上説明したように、本実施形態は第2の実施形態の光送信部20の構成を具体化したものであり、第2の実施形態と同様の理由により、機械的な擾乱による受信波形の劣化は生じない。

[0088] なお、図5に示すように、非コヒーレント光源201と共に光変調器202を備える光送信部20の構成は、本明細書で示すいずれの実施の形態において適用可能である。

[0089] 図6に、本発明による光伝送システムの第3の実施形態の別の例を示す。ここで、図5で説明したものと同じものについては同一の記号で示している。

[0090] この構成例では、光送信部20が、非コヒーレント光源201と波長フィルタ機構203と偏波制御機構204と光変調器202とで構成されている。

[0091] この波長フィルタ機構203は、光変調器202の波長帯域幅や、グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ10の波長分散による波形劣化を抑止するために挿入されたものであり、偏波制御機構204は、光変調器202の偏波依存性を考慮して変調効果を最適化するために挿入されたものである。

[0092] 従って、光変調器202として偏波無依存の光変調器を用いる場合には偏波制御機構204は不要である。また、波長フィルタ機構203は、光変調器202と励振用単一モード光ファイバ13との間に挿入してもよい。

[0093] 波長フィルタ機構203としては、例えば、光導波路型の波長フィルタやWDM(波長分割多重)可変波長フィルタを適用することができる。これらの波長フィルタ機構を適用することで、伝送する非コヒーレント光の波長に応じた光伝送システムの変更がなく柔軟なシステムを実現することができる。

- [0094] 偏波制御機構204は、非コヒーレント光源201から送信される光信号90gの偏光方向を調整する。例えば、偏光ビームスプリッタや偏向板を利用して光信号90gのうち所定の偏向方向の光だけを取り出したり、光信号90gの偏向方向を所定の方向に揃えたりする。
- [0095] ここで、本実施形態の光伝送システム103の光送信部20の動作について説明する。なお、光送信部20から送信される非コヒーレント光90aが光受信部15に受信されるまでの光伝送システム103の動作については、第1の実施の形態において説明したものと同様である。
- [0096] まず、非コヒーレント光源201は、光変調器202に向けて非コヒーレント光90fを送信する。非コヒーレント光90fは、波長フィルタ機構203によって受信され、波長フィルタ機構203は、非コヒーレント光90fの波長帯域を限定し、非コヒーレント光90gとして送信する。非コヒーレント光90gは、偏波制御機構204に受信され、偏波制御機構204は、非コヒーレント光90gの偏向方向を制御し、非コヒーレント光90hとして送信する。非コヒーレント光90hは、光変調器202によって受信され、光変調器202は、送信データ82が入力された時に、入力された送信データ82に基づいて非コヒーレント光90hを例えば強度変調して非コヒーレント光90aとして送信する。
- [0097] 以上説明したように、本実施形態も第2の実施形態の光送信部20の構成を具体化したものであり、第2の実施形態と同様の理由により、機械的な擾乱による受信波形の劣化は生じない。
- [0098] [第4の実施の形態]
- 図7に、本発明による光伝送システムの第4の実施形態の例を示す。ここで、図2で説明したものと同一のものについては同一の記号で示している。
- [0099] 本実施形態では、光送信部20が、直接変調可能な非コヒーレント光源205で構成されている。ここで、直接変調とは、例えばレーザダイオードの駆動電流に変調信号を入力することによって、レーザダイオードの輝度を直接変調することをいう。
- [0100] 本実施形態では、光送信部20に直接変調可能な非コヒーレント光源205を備えることで、外部変調器を別途設けることがなく、光送信部20のコンパクト化を図ることができる。

この直接変調可能な非コヒーレント光源205は、直接変調可能なASE (Amplified Spontaneous Emission) 光源であることが望ましい。ASE光源は、高輝度で広帯域な非コヒーレント光を発する光源である。光送信部20は、直接変調可能なASE光源を備えることで、広帯域な光伝送が可能となる。

- [0101] 直接変調可能な非コヒーレント光源205は、送信データ82が入力されたときに、例えばレーザダイオードの駆動電流に送信データ82に基づいた変調信号を付加してレーザダイオードの光強度を変調させ非コヒーレント光90aとして送信する。なお、光送信部20から送信される非コヒーレント光90aが光受信部15に受信されるまでの光伝送システム104の動作については、第1の実施の形態において説明したものと同様である。
- [0102] 以上説明したように、本実施形態は、第3の実施形態と同様に、第2の実施形態の光送信部20の構成を具体化したものであり、第2の実施形態と同様の理由により、機械的な擾乱による受信波形の劣化は生じない。
- [0103] なお、図7に示すように、直接変調可能な非コヒーレント光源205を備える光送信部20の構成は、本明細書で示すいずれの実施の形態において適用可能である。
- [0104] 図8に、本発明による光伝送システムの第4の実施形態の別の例を示す。ここで、203は図6で説明した波長フィルタ機構である。205は、図7で説明した直接変調可能な非コヒーレント光源である。
- [0105] この構成例では、グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ10の波長分散による波形劣化を抑止するために波長フィルタ機構203を挿入している。また、光送信部20は、直接変調可能な非コヒーレント光源205を備えるために、光送信部20のコンパクト化を図ることができる。
- [0106] ここで、本実施形態の光伝送システム105の光送信部20の動作について説明する。なお、光送信部20から送信される非コヒーレント光90aが光受信部15に受信されるまでの光伝送システム105の動作については、第1の実施の形態において説明したものと同様である。
- [0107] まず、直接変調可能な非コヒーレント光源205は、送信データ82が入力されたときに、例えばレーザダイオードの駆動電流に送信データ82に基づいた変調信号を付

加してレーザダイオードの光強度を変調させ非コヒーレント光90iとして送信する。非コヒーレント光90iは、波長フィルタ機構203によって受信され、波長フィルタ機構203は、非コヒーレント光90iの波長帯域を限定し、非コヒーレント光90aとして送信する。

[0108] 以上説明したように、本実施形態も第2の実施形態の光送信部20の構成を具体化したものであり、第2の実施形態と同様の理由により、機械的な擾乱による受信波形の劣化は生じない。

[0109] [第5の実施の形態]

図9に、本発明による光伝送システムの第5の実施形態の例を示す。ここで、図2で説明したものと同一ものについては同一の記号で示している。また、光送信部20の構成は、第1の実施の形態で説明したものと同様である。

[0110] 本実施形態では、図2に示す、励振機構としての励振用単一モード光ファイバ13に代えて励振用単一モード平面光波回路30を備えるとともに、透過機構としての透過用単一モード光ファイバ14に代えて透過用単一モード平面光波回路31を備え、さらに、光送信部20と励振機構としての励振用単一モード平面光波回路30とを接続するための接続用グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ40と、透過機構としての透過用単一モード平面光波回路31と光受信部15とを接続するための接続用グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ41とを備えている。

[0111] ここで、励振用単一モード平面光波回路30や透過用単一モード平面光波回路31は、石英系材料あるいは半導体結晶を含むものを利用することができる。本実施の形態では、励振機構として励振用単一モード平面光波回路30、透過機構として透過用単一モード平面光波回路31を適用することにより、励振機構及び透過機構の小型化を図ることができる。

[0112] 本実施形態においては、送信側では、グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ10へ光信号が入射される際に、励振用単一モード平面光波回路30により基底モードのみが励振されるとともに、受信側では、伝送途中で一部高次モードに遷移した成分が透過用単一モード平面光波回路31により除去され、基底モードのみが選択的に光受信部15へと導かれる。

- [0113] ここで、本実施形態の光伝送システム106の動作について説明する。
- [0114] まず、光送信部20は、光送信部20に入力された送信データ82が光信号に変換された非コヒーレント光90aを光受信部15に向けて送信する。光送信部20から送信される非コヒーレント光90aは、接続用グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ40を伝搬した後に、励振用単一モード平面光波回路30を透過し、非コヒーレント光90bとしてグレーデッドインデックス型多モード光ファイバ10に入射する。ここで、非コヒーレント光90aは、接続用グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ40を伝搬することにより、ステップインデックス型多モード光ファイバと比べてモード分散による伝搬遅延差を抑制することができる。また、非コヒーレント光90aは、励振用単一モード平面光波回路30を透過する際に基底モードに限定されるため、グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ10を伝搬する非コヒーレント光90bのモード分散を抑制することができる。
- [0115] グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ10を伝搬した非コヒーレント光90cは、透過用単一モード平面光波回路31を透過し、接続用グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ41を伝搬した後に、非コヒーレント光90dとして光受信部15に向けて送信される。ここで、非コヒーレント光90cは、透過用単一モード平面光波回路31を透過する際に、基底モードに限定して光受信部15に向けて送信されるため、非コヒーレント光90dのモード分散を抑制することができる。そのため、光受信部15における受信波形の劣化を防止することができる。また、非コヒーレント光90cが接続用グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ41を伝搬することにより、ステップインデックス型多モード光ファイバと比べてモード分散による伝搬遅延差を抑制することができる。さらに、光送信部20と光受信部15との間で送受信する光として非コヒーレント光を適用するため、各モード間による干渉自体を抑制することができる。従って、光受信部15における受信波形の劣化を防止することができる。
- [0116] 以上説明したように、本実施形態においても、第2の実施形態と同様の理由により、機械的な擾乱による受信波形の劣化は生じない。
- [0117] なお、本実施形態においては、光送信部20と励振用単一モード平面光波回路30とを接続するために、接続用グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ40を用

い、透過用単一モード型平面光波回路31と光受信部15とを接続するために、接続用グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ41を用いているが、接続用グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ40、41の代わりに単一モード光ファイバを接続に用いてもよい。

[0118] また、光送信部20と励振用単一モード平面光波回路30とを直接結合させ、透過用単一モード平面光波回路31と受信部15とを直接結合させてもよく、多様な形態が考えられる。

[0119] [第6の実施の形態]

図10に、本発明による光伝送システムの第6の実施形態の例を示す。ここで、図2で説明したものと同一のものについては同一の記号で示している。また、光送信部20の構成は、第1の実施の形態で説明したものと同様である。

本実施形態では、図2に示す、励振機構としての励振用単一モード光ファイバ13に代えて励振用光学系50を備えるとともに、透過機構としての透過用単一モード光ファイバ14に代えて透過用光学系51を備え、さらに、光送信部20と励振用光学系50とを接続するための接続用グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ60と、透過用光学系51と光受信部15とを接続するための接続用グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ61とを備えている。

[0120] 本実施の形態では、励振機構としての励振用光学系50は、光送信部20から送信される非コヒーレント光90aを透過するレンズを含み、光送信部20から送信される非コヒーレント光90aの所定の低次モードをレンズによって集光して送信する。また、透過機構としての透過用光学系51は、励振機構としての励振用光学系50から送信される非コヒーレント光90cを透過するレンズを含み、励振機構としての励振用光学系50から送信される非コヒーレント光90cの所定の低次モードをレンズによって集光して送信する。本実施形態においては、特定モードを励振する機構として、光送信部20に接続される接続用グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ60とグレーデッドインデックス型多モード光ファイバ10との接続点に、入射角の小さい低次モード成分のみを選択的に集光することのできる2つのレンズと絞りとを含む励振用光学系50を用いるとともに、特定モードを透過させることのできる機構として、光受信部15に接

続される接続用グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ61とグレーデッドインデックス型多モード光ファイバ10との接続点に、入射角の小さい低次モード成分のみを選択的に集光することのできる2つのレンズと絞りとを含む透過用光学系51を用いている。

- [0121] ここで、励振機構としての励振用光学系50の動作について説明する。なお、透過機構としての透過用光学系51の動作原理は、励振用光学系50の動作原理と同様である。
- [0122] 光送信部20から送信される非コヒーレント光90aは、グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ60を伝搬して励振用光学系50の第1のレンズ62に入射する。ここで、グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ60と第1のレンズ62との間を第1のレンズ62の焦点距離 f_1 に一致させている。そのため、第1のレンズ62は、入射した非コヒーレント光を光線が平行となるように屈折させ、絞り63に入射させる。
- [0123] 絞り63に入射した光は、絞り63の開口孔の大きさ分だけ通過し、第2のレンズ64に入射する。ここで、絞り63の開口孔を調節することにより、絞り63の開口孔を透過する光のモードを低次のモードとすることができる。そのため、非コヒーレント光90aを絞り63に通過させることで非コヒーレント光90aの主に低次のモードを励振させることができる。
- [0124] 絞り63を通過し第2のレンズ64に入射した光は、第2のレンズ64によって集光され、グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ10に入射する。ここで、第2のレンズ64に入射した非コヒーレント光の光線がグレーデッドインデックス型多モード光ファイバ10に集光されるように、第2のレンズ64とグレーデッドインデックス型多モード光ファイバ10との間を第2のレンズ64の焦点距離 f_2 に一致させている。
- [0125] なお、本実施形態においては、励振用光学系50を2つのレンズと1つの絞りとを含む構成としたが、第1のレンズ62として非コヒーレント光90aの主に低次のモードを透過させることのできる直径の小さいレンズを適用して、絞り63を省く構成とすることもできる。この場合、部品点数が少ないため、励振用光学系50をコンパクトなものとすることができる。
- [0126] この光学系50、51を用いると、グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ10中

で中心軸に対する入射角が小さくコア中心部付近にパワーが集中している特定低次モード成分を励振し透過させることができる。

- [0127] 従って、送信側では、この構成の励振用光学系50に接続されたグレーデッドインデックス型多モード光ファイバ10に、特定低次モードのみが励振されるようになる。そして、受信側では、同様の光学系を用いることにより、伝送途中で高次モードに遷移した成分を除去し、特定低次モードのみを選択的に受信できるようになる。
- [0128] 本実施形態においても、第2の実施形態と同様の理由により、機械的な擾乱による受信波形の劣化は生じない。
- [0129] なお、本実施形態においては、光送信部20と励振用光学系50とを接続するために、接続用グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ60を用い、透過用光学系51と光受信部15とを接続するために、接続用グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ61を用いているが、接続用グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ60、61の代わりに単一モード光ファイバを接続に用いてもよい。
- [0130] また、光送信部20と光受信部15とを直接結合させてもよく、多様な形態が考えられる。
- [0131] [第7の実施の形態]
- 図11に、本発明による光伝送システムの第7の実施形態の例を示す。ここで、図2で説明したものと同一ものについては同一の記号で示している。また、光送信部20の構成は、第1の実施の形態で説明したものと同様である。
- [0132] 本実施形態では、図2に示す、励振機構としての励振用単一モード光ファイバ13に代えて励振用絞り70を備えるとともに、透過機構としての透過用単一モード光ファイバ14に代えて透過用絞り71を備え、さらに、光送信部20と励振用絞り70とを接続するための接続用グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ80と、透過用絞り71と光受信部15とを接続するための接続用グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ81とを備えている。
- [0133] 本実施の形態では、励振機構としての励振用絞り70は、光送信部20から送信される非コヒーレント光90aを通過させる開口孔を有する絞りを含み、光送信部20から送信される非コヒーレント光90aの所定の低次モードを絞りによって選択して送信する。

また、透過機構としての透過用絞り71は、励振機構としての励振用絞り70から送信される非コヒーレント光90cを通過させる開口孔を有する絞りを含み、励振機構としての励振用絞り70から送信される非コヒーレント光90cの所定の低次モードを絞りによって選択して送信する。本実施形態においては、特定モードを励振する機構として、光送信部20に接続される接続用グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ80とグレーデッドインデックス型多モード光ファイバ10との接続点に励振用絞り70を用いるとともに、特定モードを透過させることのできる機構として、光受信部15に接続される接続用グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ81とグレーデッドインデックス型多モード光ファイバ10との接続点に透過用絞り71を用いている。

- [0134] この絞り70、71を用いると、グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ10中で中心軸に対する入射角が小さくコア中心部付近にパワーが集中している特定低次モード成分を励振し透過させることができる。
- [0135] ここで、励振機構としての励振用絞り70の動作について説明する。なお、透過機構としての透過用絞り71の動作原理は、励振用絞り70の動作原理と同様である。
- [0136] 光送信部20から送信される非コヒーレント光90aは、グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ80を伝搬して励振用絞り70の絞り65に入射する。絞り65に入射した光は、絞り65の開口孔の大きさ分だけ通過し、グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ10に入射する。そのため、絞り65の開口孔の大きさを調節することで、絞り65の開口孔を透過する非コヒーレント光90aのモードを主に低次モードとすることができる。
- [0137] なお、本実施形態においては、励振用絞り70を1つの絞りを含む構成としたが2つの絞りを適用することもできる。
- [0138] 図12に、励振用絞り70の構成の別の実施の形態の概略構成図を示す。
- [0139] 図12に示す励振用絞りは、光送信部20から送信される非コヒーレント光90aを通過させる第1の絞り66と、第1の絞り66を通過した非コヒーレント光90kを通過させる第2の絞り67と、を含む。
- [0140] 図11に示す励振用絞り70の構成を図12に示すものとするにより、グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ80の中心部ではなく端側から出射され、第1の絞り

66を通過した高次のモードの非コヒーレント光90jを、第2の絞り67によって遮ることができる。つまり、グレーデッドインデックス型多モード光ファイバ80の中心部ではなく端側から出射した非コヒーレント光であっても、第2の絞り67を通過するのは主に低次モードである。そのため、非コヒーレント光90aの高次モードの除去率を高くすることができる。

[0141] なお、図11に示す透過用絞り71についても図12に示す構成のものを適用することができる。

[0142] 以上説明したように、本実施形態においても、第2の実施形態と同様の理由により、機械的な擾乱による受信波形の劣化は生じない。

[0143] なお、本実施形態においては、100%特定モード成分のみを分離することは必ずしも容易ではないが、混入する特定モード以外の成分の相対強度は実用上問題のない程度に小さく抑えることが可能である。

[0144] また、本実施形態においては、励振用絞り70、透過用絞り71を単独で用いた場合について説明したが、これを光ファイバ接続用コネクタの接続点に絞りを内蔵した構成とするなど、多様な形態の可能性が考えられる。

請求の範囲

- [1] 非コヒーレント光を送信する光送信部と、
前記光送信部が送信する前記非コヒーレント光又は前記光送信部からマルチモード型光伝送路を介して送信される前記非コヒーレント光のうち所定のモードを励振して送信する励振機構と、
前記励振機構からマルチモード型光伝送路を介して送信される前記非コヒーレント光のうち所定のモードを透過させて送信する透過機構と、
を有することを特徴とする光伝送システム。
- [2] 非コヒーレント光を送信する光送信部と、
前記光送信部が送信する前記非コヒーレント光又は前記光送信部からマルチモード型光伝送路を介して送信される前記非コヒーレント光のうち所定のモードを励振して送信する励振機構と、
前記励振機構からマルチモード型光伝送路を介して送信される前記非コヒーレント光のうち所定のモードを透過させて送信する透過機構と、
前記透過機構が送信する前記非コヒーレント光又は前記透過機構からマルチモード型光伝送路を介して送信される前記非コヒーレント光を受信する光受信部と、
を有することを特徴とする光伝送システム。
- [3] 非コヒーレント光を送信する光送信部と、
前記光送信部が送信する前記非コヒーレント光又は前記光送信部からマルチモード型光伝送路を介して送信される前記非コヒーレント光のうち所定のモードを励振して送信する励振機構と、
前記励振機構から送信される前記非コヒーレント光を伝送するマルチモード型光伝送路と、
前記励振機構から前記マルチモード型光伝送路を介して送信される前記非コヒーレント光のうち所定のモードを透過させて送信する透過機構と、
を有することを特徴とする光伝送システム。
- [4] 非コヒーレント光を送信する光送信部と、
前記光送信部が送信する前記非コヒーレント光又は前記光送信部からマルチモード型光伝送路を介して送信される前記非コヒーレント光のうち所定のモードを励振して送信する励振機構と、
前記励振機構からマルチモード型光伝送路を介して送信される前記非コヒーレント光のうち所定のモードを透過させて送信する透過機構と、
を有することを特徴とする光伝送システム。

ド型光伝送路を介して送信される前記非コヒーレント光のうち所定のモードを励振して送信する励振機構と、

前記励振機構から送信される前記非コヒーレント光を伝送するマルチモード型光伝送路と、

前記励振機構から前記マルチモード型光伝送路を介して送信される前記非コヒーレント光のうち所定のモードを透過させて送信する透過機構と、

前記透過機構が送信する前記非コヒーレント光又は前記透過機構からマルチモード型光伝送路を介して送信される前記非コヒーレント光を受信する光受信部と、

を有することを特徴とする光伝送システム。

[5] 請求項1〜4のいずれか1項に記載の光伝送システムにおいて、

前記光送信部は、非コヒーレント光源と、該非コヒーレント光源から出射される光を変調して前記非コヒーレント光として出射する光変調器と、を有することを特徴とする光伝送システム。

[6] 請求項1〜4のいずれか1項に記載の光伝送システムにおいて、

前記光送信部は、直接変調可能で且つ前記非コヒーレント光を出射する非コヒーレント光源を有することを特徴とする光伝送システム。

[7] 請求項5に記載の光伝送システムにおいて、

前記非コヒーレント光源がASE光源であることを特徴とする光伝送システム。

[8] 請求項6に記載の光伝送システムにおいて、

前記非コヒーレント光源がASE光源であることを特徴とする光伝送システム。

[9] 請求項3又は4に記載の光伝送システムにおいて、

前記マルチモード型光伝送路として、グレーデッドインデックス型光伝送路を用いることを特徴とする光伝送システム。

[10] 請求項9に記載の光伝送システムにおいて、

前記グレーデッドインデックス型光伝送路がコア径 $40\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下であるグレーデッドインデックス型多モード光ファイバで構成されていることを特徴とする光伝送システム。

[11] 請求項9に記載の光伝送システムにおいて、

前記グレーデッドインデックス型光伝送路がコア径 $50\mu\text{m}$ または $62.5\mu\text{m}$ であるグレーデッドインデックス型多モード光ファイバで構成されていることを特徴とする光伝送システム。

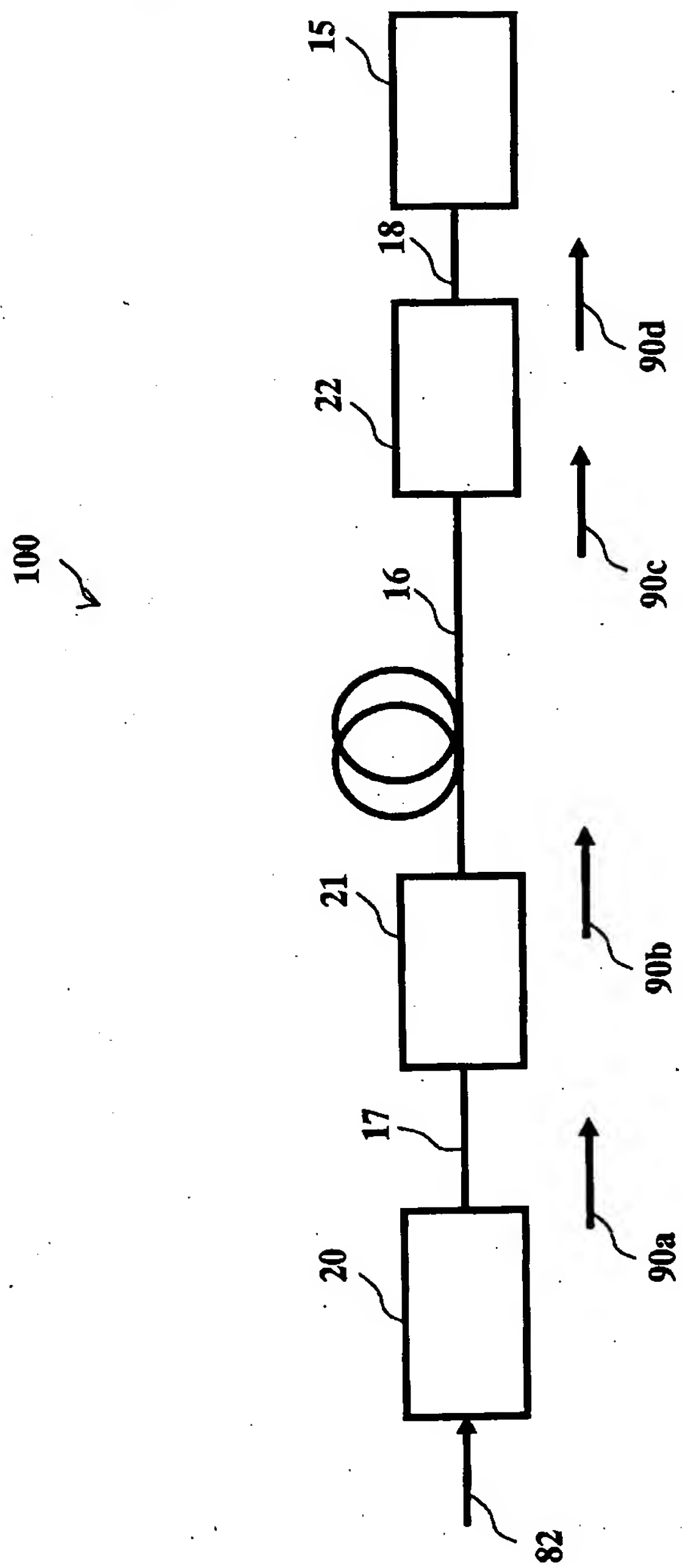
- [12] 請求項3又は4に記載の光伝送システムにおいて、
前記マルチモード型光伝送路として、ステップインデックス型光伝送路を用いることを特徴とする光伝送システム。
- [13] 請求項12に記載の光伝送システムにおいて、
前記ステップインデックス型光伝送路がコア径 $40\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下であるステップインデックス型多モード光ファイバで構成されていることを特徴とする光伝送システム。
- [14] 請求項12に記載の光伝送システムにおいて、
前記ステップインデックス型光伝送路がコア径 $50\mu\text{m}$ または $62.5\mu\text{m}$ であるステップインデックス型多モード光ファイバで構成されていることを特徴とする光伝送システム。
- [15] 請求項1〜4のいずれか1項に記載の光伝送システムにおいて、
前記所定のモードが基底モードであることを特徴とする光伝送システム。
- [16] 請求項1〜4のいずれか1項に記載の光伝送システムにおいて、
前記励振機構として、単一モード型光伝送路を用いることを特徴とする光伝送システム。
- [17] 請求項16に記載の光伝送システムにおいて、
前記単一モード型光伝送路として、単一モード光ファイバを用いることを特徴とする光伝送システム。
- [18] 請求項16に記載の光伝送システムにおいて、
前記単一モード型光伝送路として、単一モード平面光波回路を用いることを特徴とする光伝送システム。
- [19] 請求項1〜4のいずれか1項に記載の光伝送システムにおいて、
前記励振機構は、前記光送信部から送信される前記非コヒーレント光を透過するレンズを含み、前記光送信部から送信される前記非コヒーレント光の所定の低次モード

を前記レンズによって集光して送信することを特徴とする光伝送システム。

- [20] 請求項1〜4のいずれか1項に記載の光伝送システムにおいて、
前記励振機構は、前記光送信部から送信される前記非コヒーレント光を通過させる開口孔を有する絞りを含み、前記光送信部から送信される前記非コヒーレント光の所定の低次モードを前記絞りによって選択して送信することを特徴とする光伝送システム。
- [21] 請求項20に記載の光伝送システムにおいて、
前記絞りは、前記光送信部から送信される前記非コヒーレント光を通過させる第1の絞りと、該第1の絞りを通過した前記非コヒーレント光を通過させる第2の絞りと、を含むことを特徴とする光伝送システム。
- [22] 請求項1〜4のいずれか1項に記載の光伝送システムにおいて、
前記透過機構として、単一モード型光伝送路を用いることを特徴とする光伝送システム。
- [23] 請求項22に記載の光伝送システムにおいて、
前記単一モード型光伝送路として、単一モード光ファイバを用いることを特徴とする光伝送システム。
- [24] 請求項22に記載の光伝送システムにおいて、
前記単一モード型光伝送路として、単一モード平面光波回路を用いることを特徴とする光伝送システム。
- [25] 請求項1〜4のいずれか1項に記載の光伝送システムにおいて、
前記透過機構は、前記励振機構から送信される前記非コヒーレント光を透過するレンズを含み、前記励振機構から送信される前記非コヒーレント光の所定の低次モードを前記レンズによって集光して送信することを特徴とする光伝送システム。
- [26] 請求項1〜4のいずれか1項に記載の光伝送システムにおいて、
前記透過機構は、前記励振機構から送信される前記非コヒーレント光を通過させる開口孔を有する絞りを含み、前記励振機構から送信される前記非コヒーレント光の所定の低次モードを前記絞りによって選択して送信することを特徴とする光伝送システム。

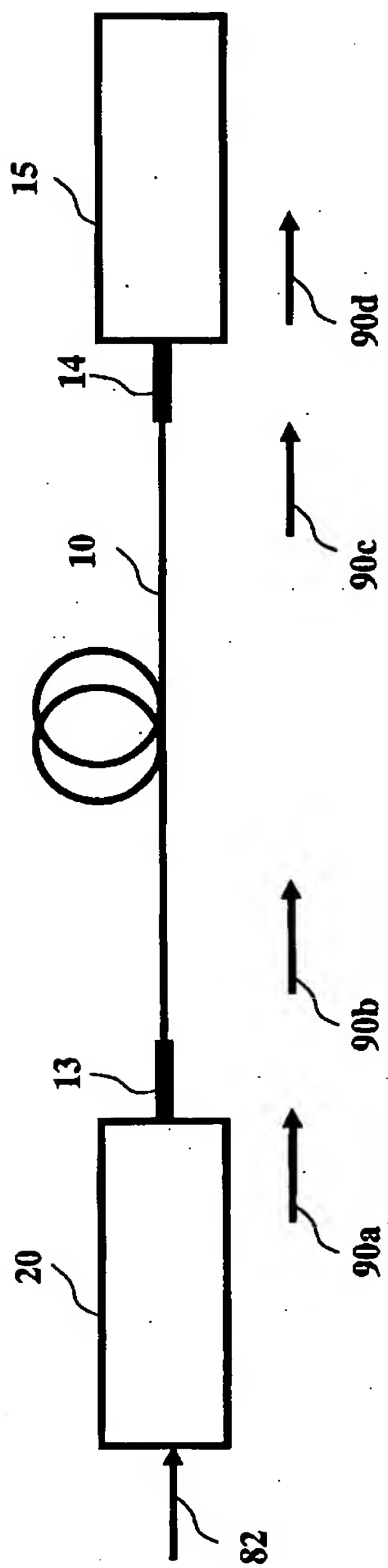
- [27] 請求項26に記載の光伝送システムにおいて、
前記絞りは、前記励振機構から送信される前記非コヒーレント光を通過させる第1の絞りと、該第1の絞りを通過した前記非コヒーレント光を通過させる第2の絞りと、を含むことを特徴とする光伝送システム。

[図1]

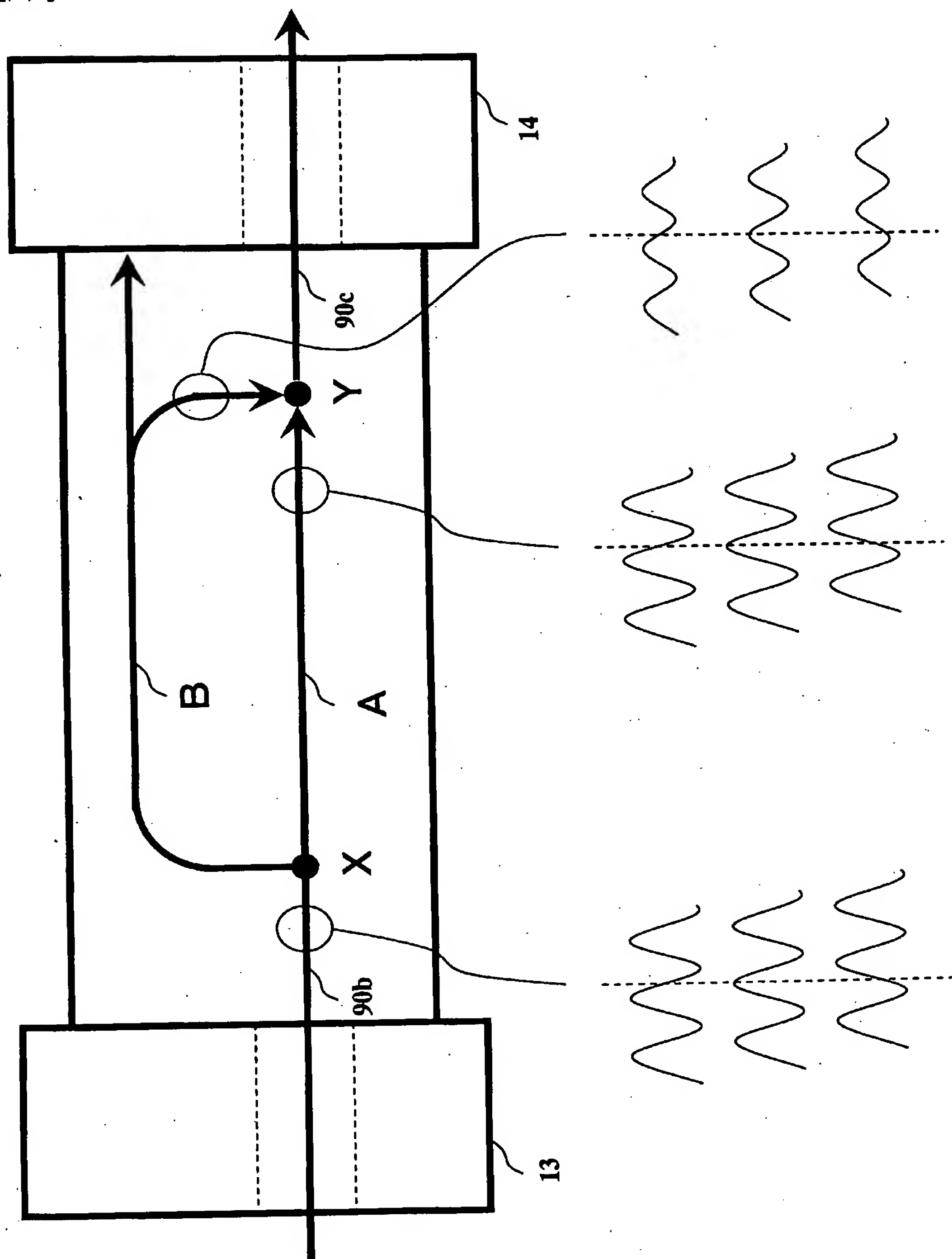


[図2]

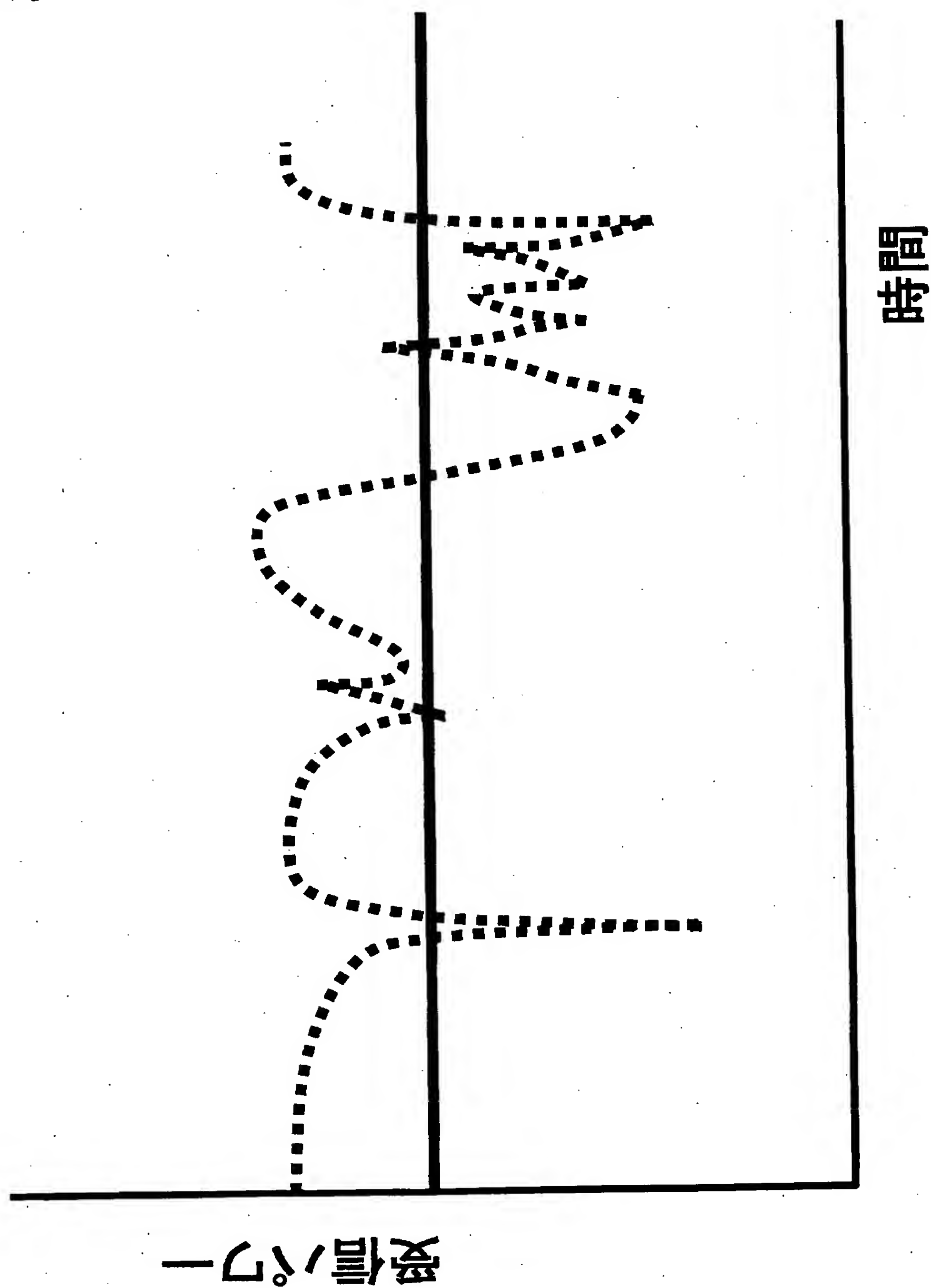
101



[図3]

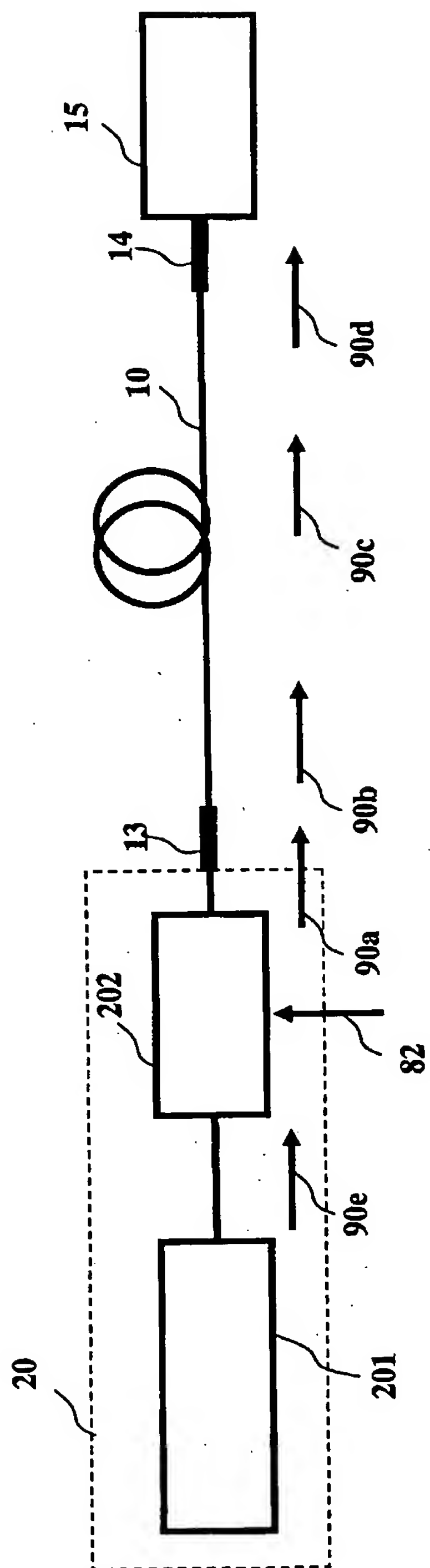


[図4]

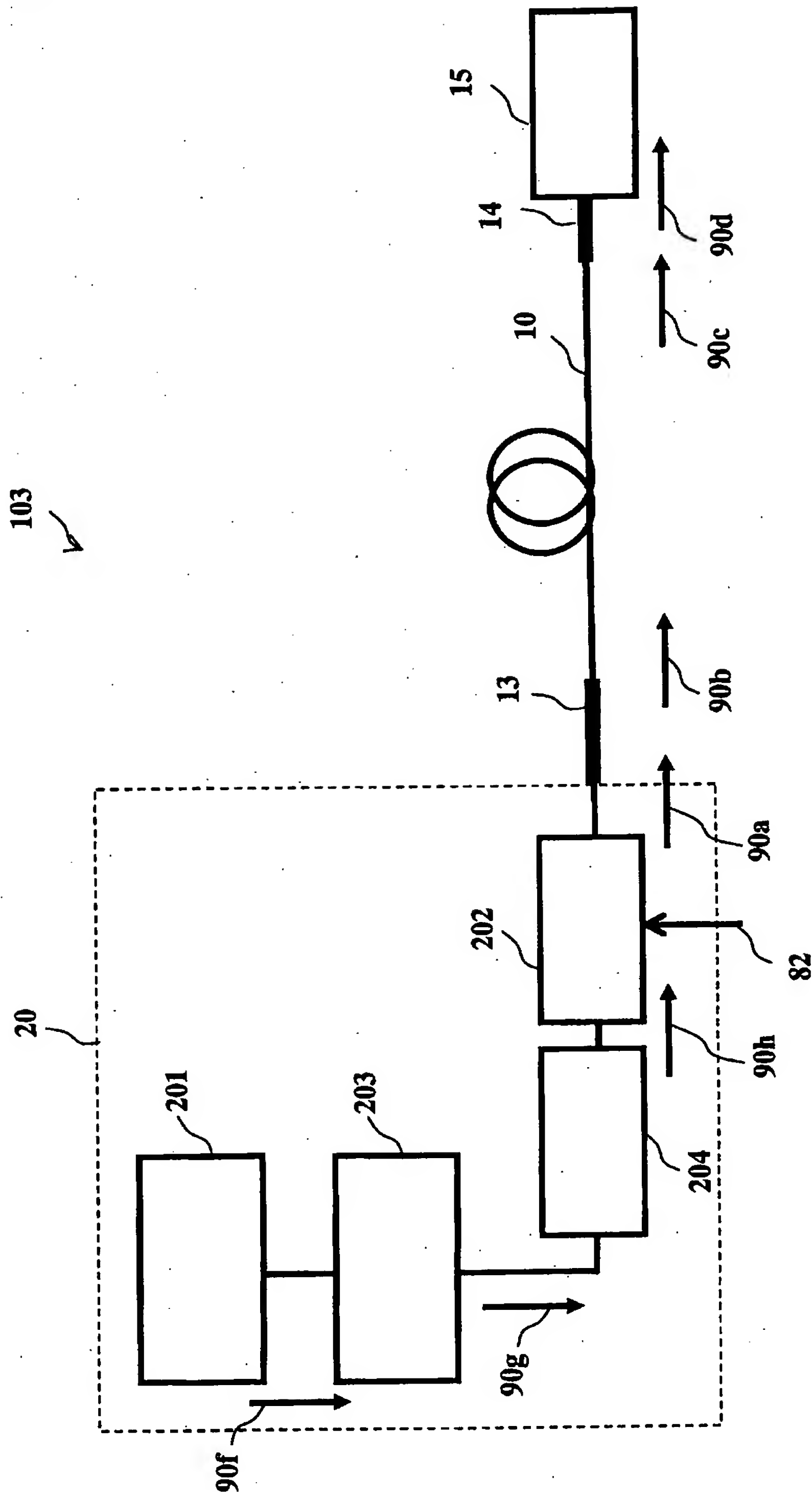


[図5]

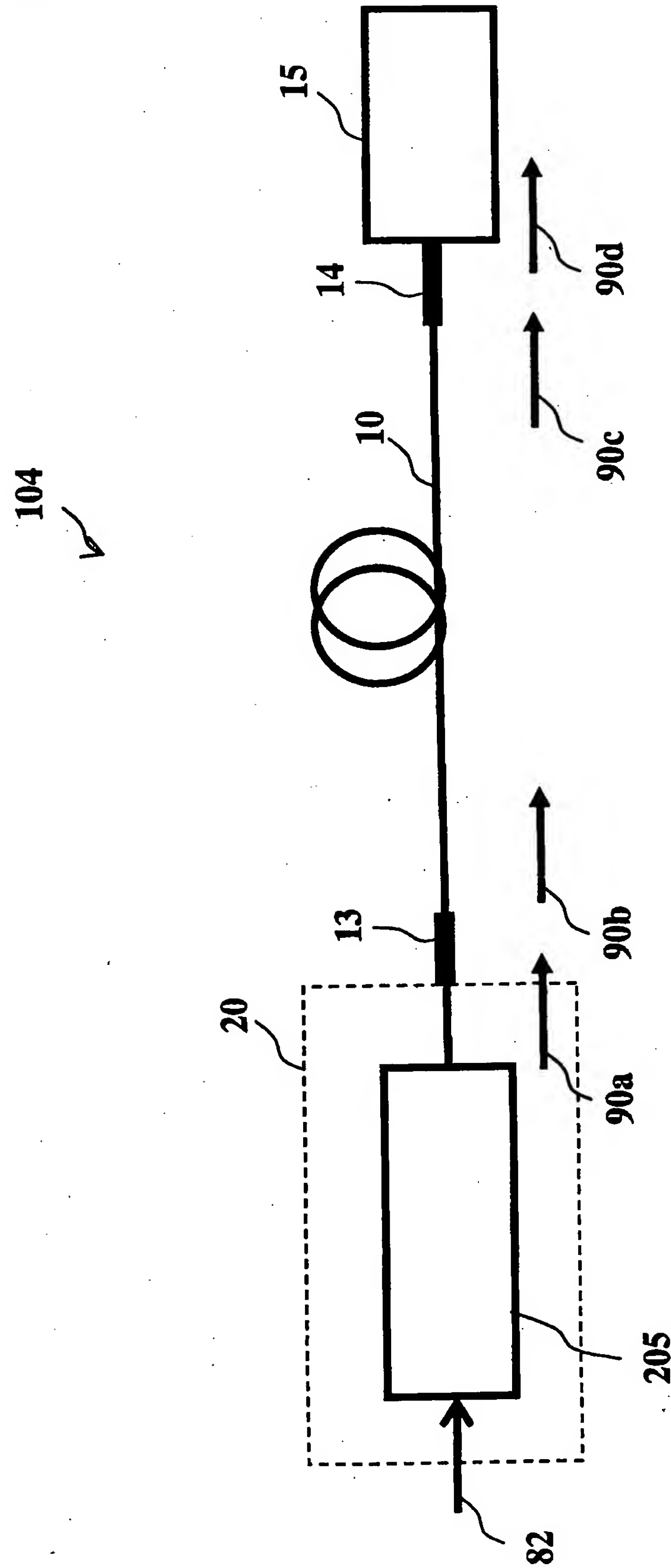
102



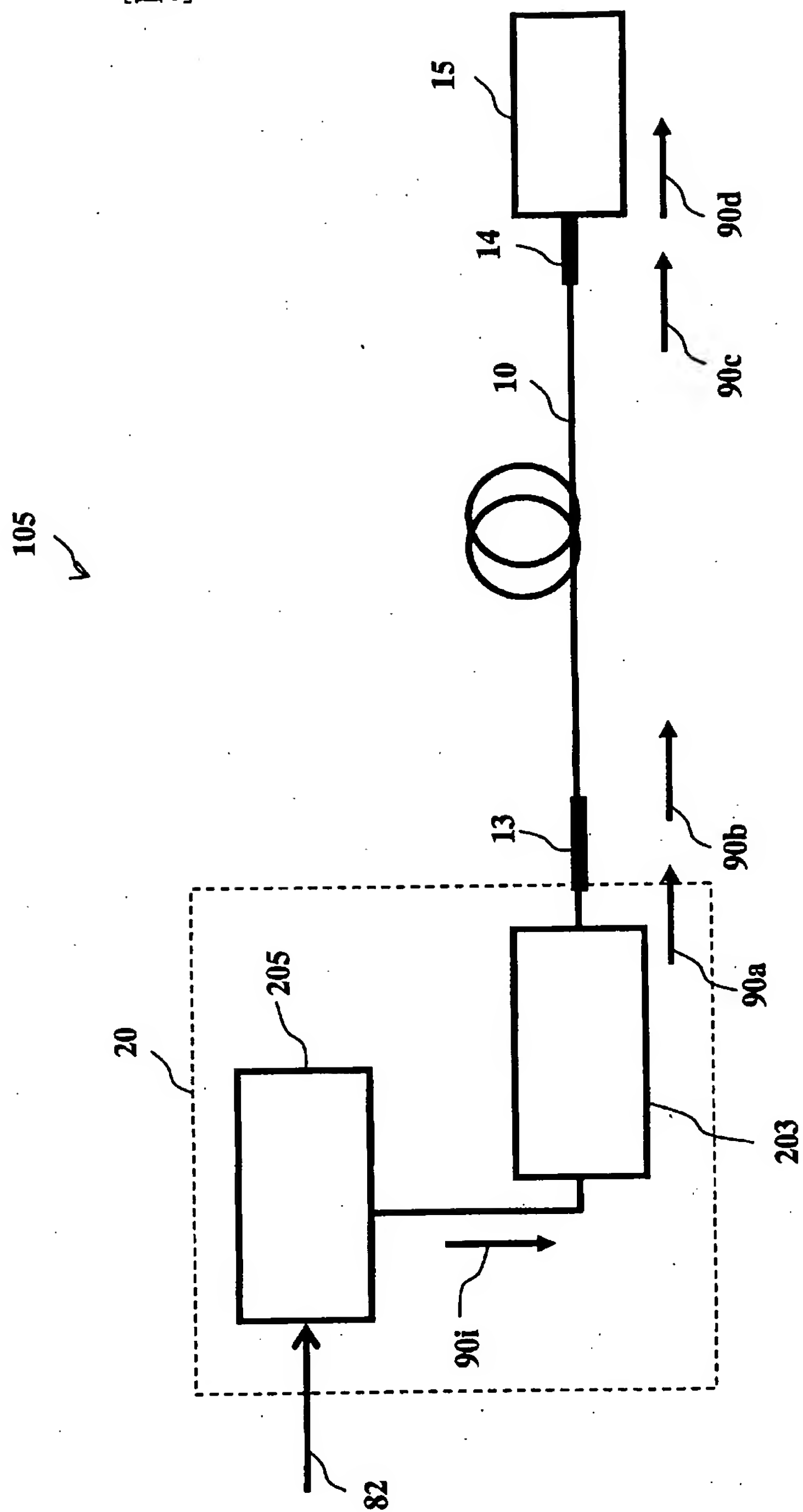
[図6]



[図7]

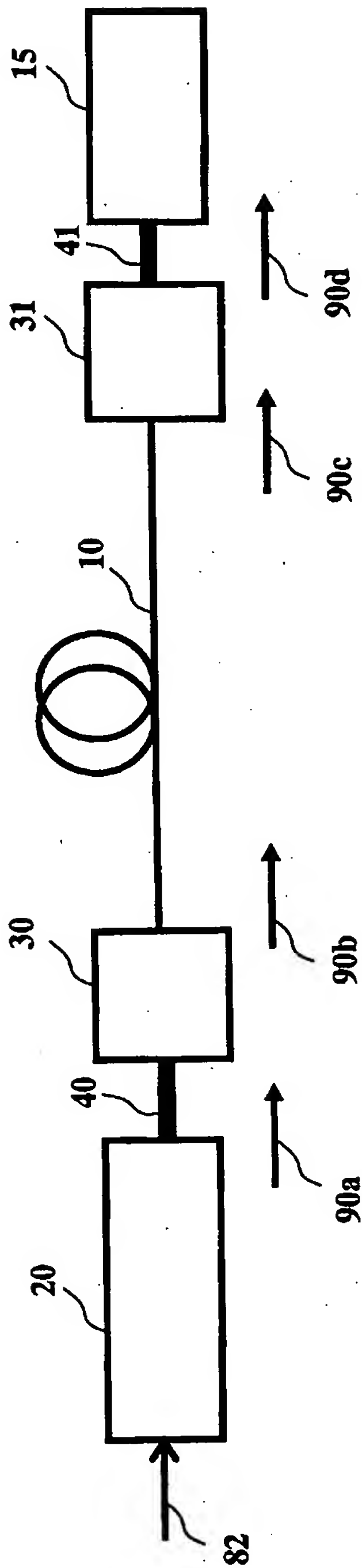


[図8]

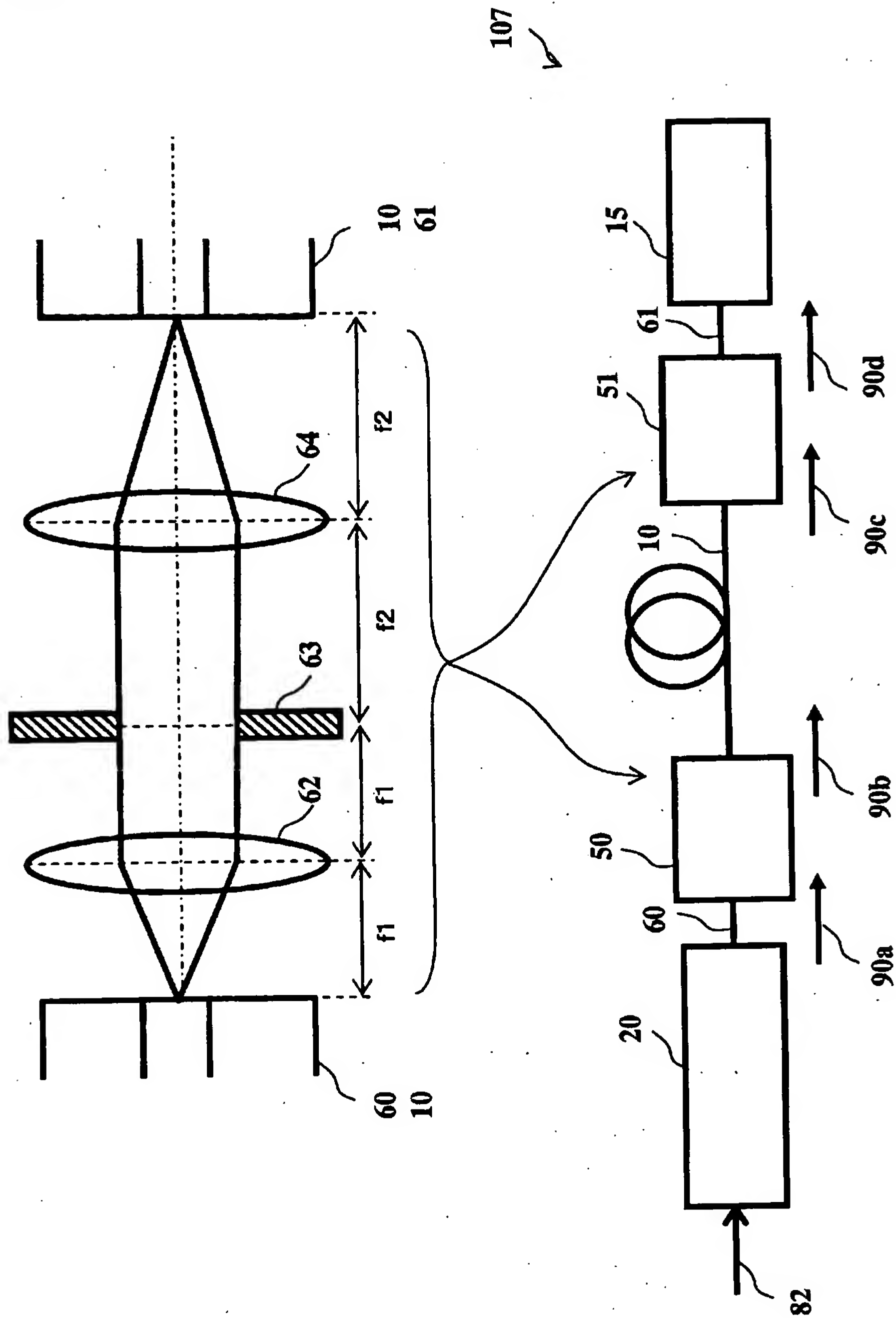


[図9]

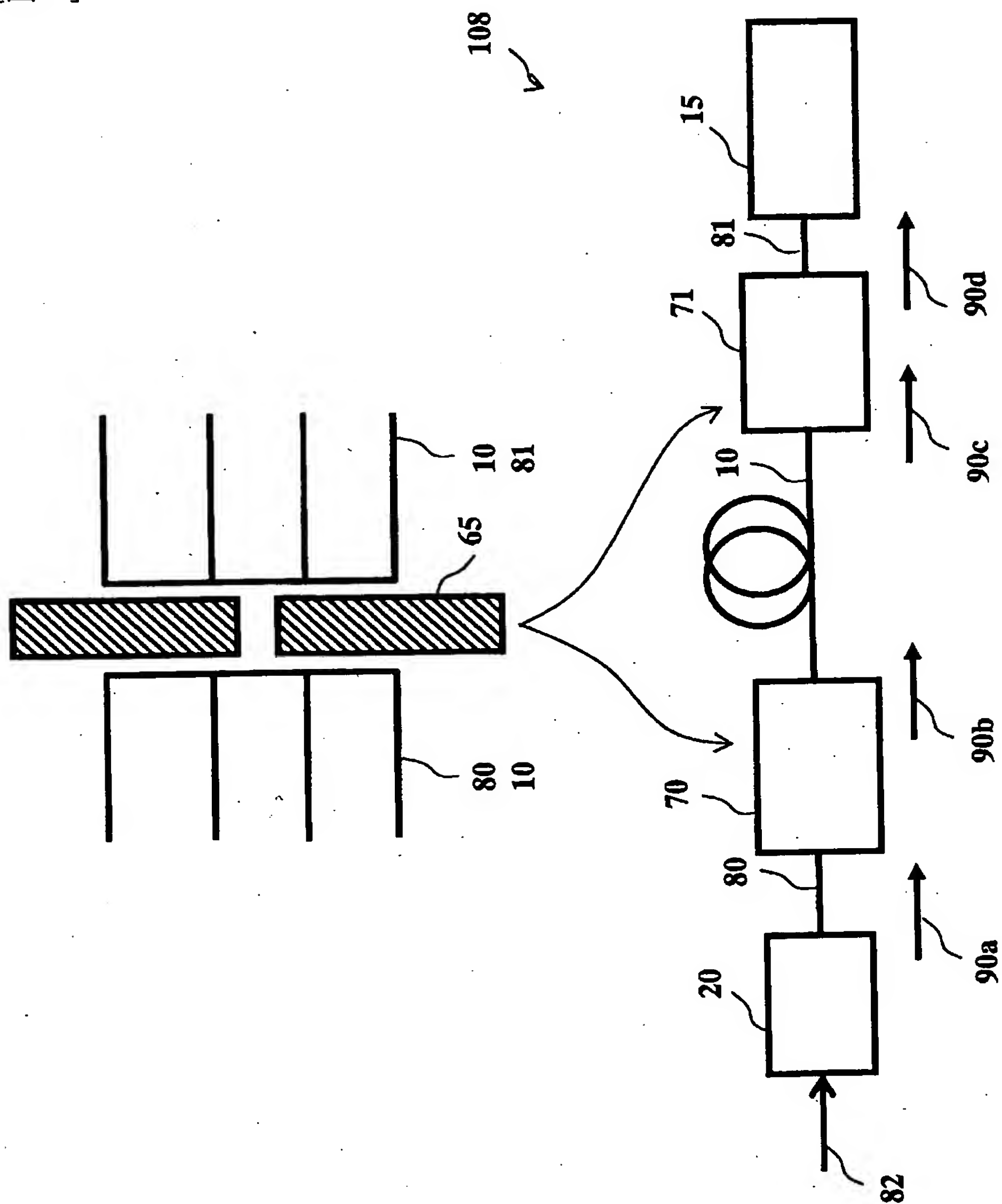
106



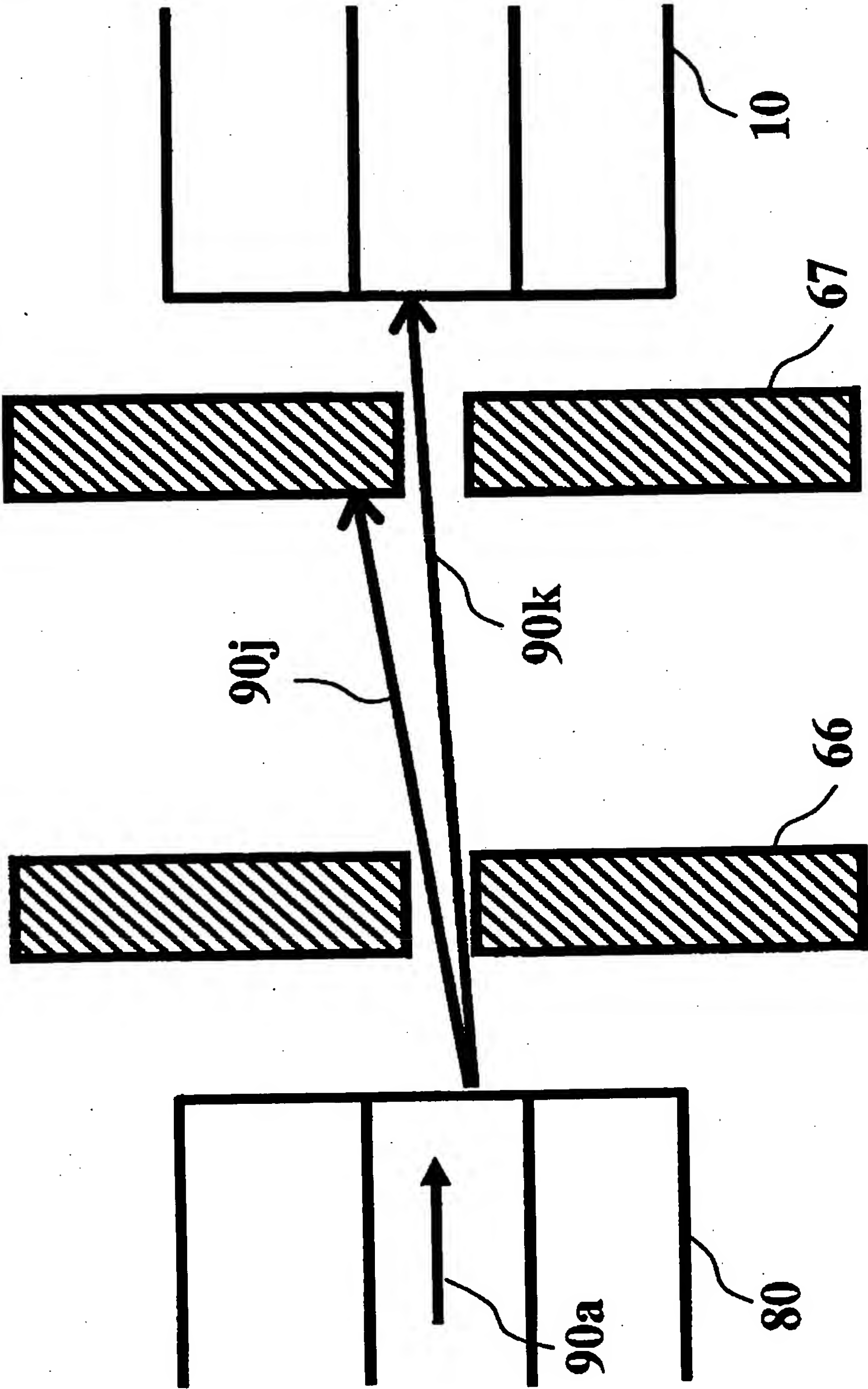
[図10]



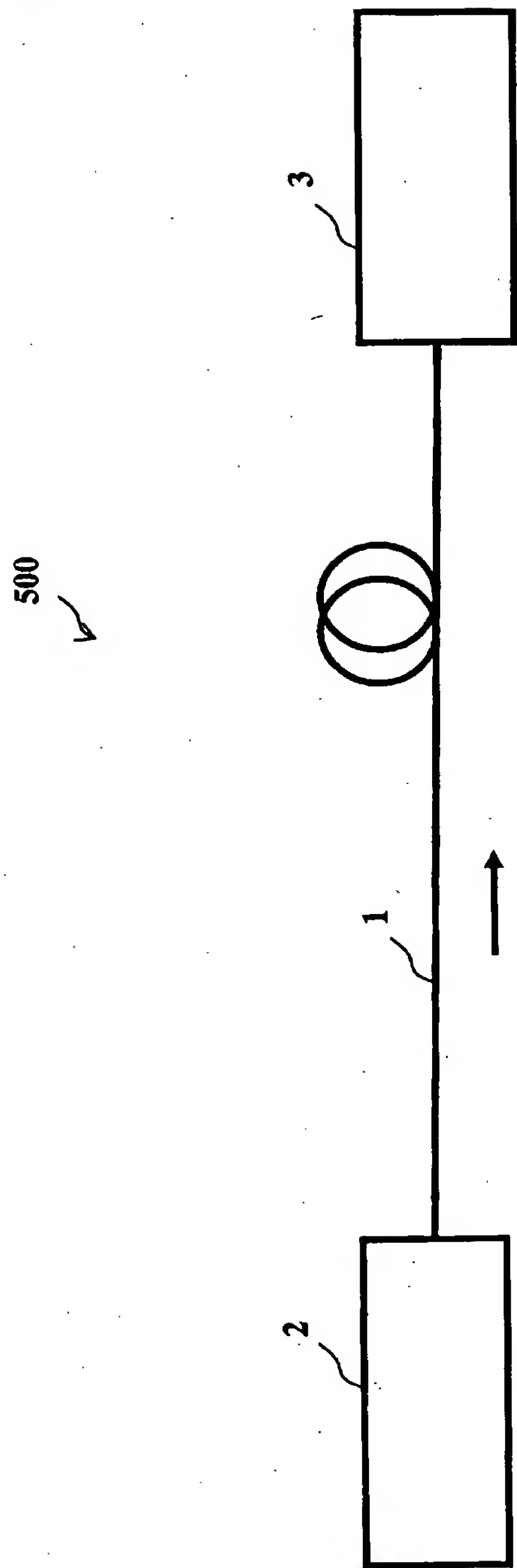
[図11]



[図12]

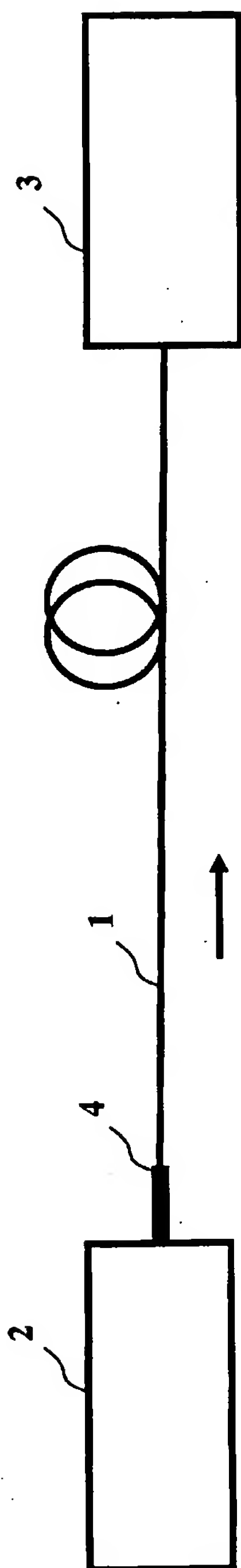


[図13]



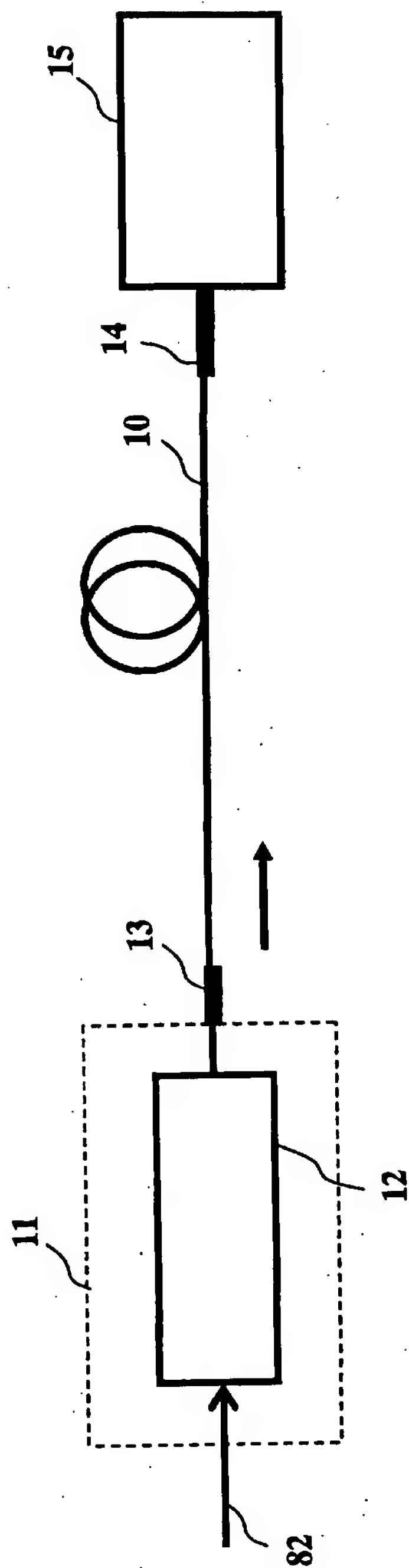
[図14]

501

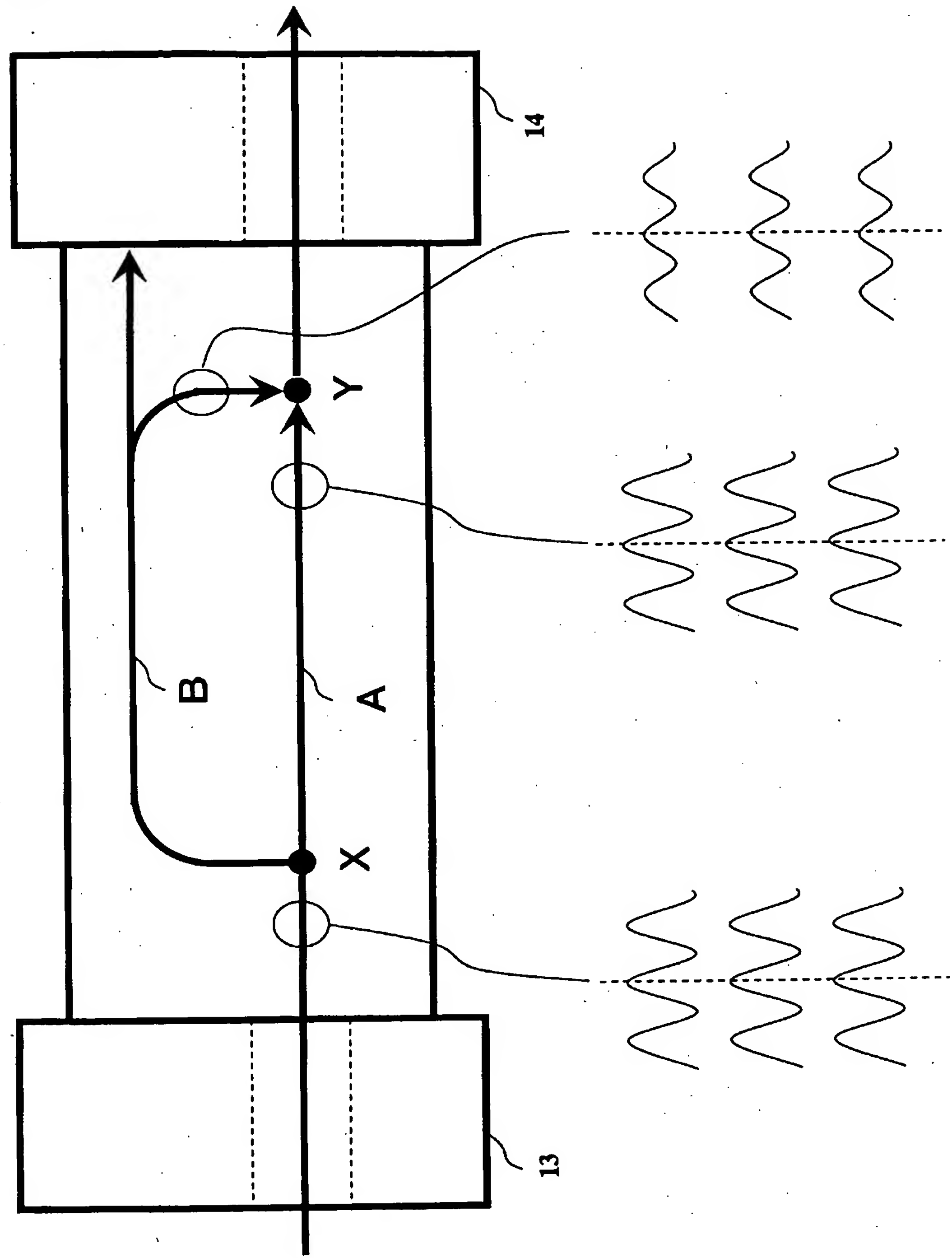


[図15]

502



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2004/013515

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H04B10/08, H04B10/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ H04B10/00-10/30, H04J14/00-14/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 01-177003 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 13 July, 1989 (13.07.89), Full text; all drawings (Family: none)	1-27
Y	JP 06-003563 A (Asahi Chemical Industry Co., Ltd.), 14 January, 1994 (14.01.94), Full text; all drawings; particularly, Par. No. [0037] (Family: none)	1-27

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
10 December, 2004 (10.12.04)

Date of mailing of the international search report
28 December, 2004 (28.12.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/013515

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 06-204591 A (Fuji Denki Kabushiki Kaisha), 22 July, 1994 (22.07.94), Full text; all drawings & US 00542438 A	1-27
Y	JP 07-140501 A (Asahi Glass Co., Ltd.), 02 June, 1995 (02.06.95), Full text; all drawings (Family: none)	1-27

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl ⁷ H04B10/08 H04B10/18		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl ⁷ H04B10/00-10/30 Int. Cl ⁷ H04J14/00-14/08		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2004年 日本国登録実用新案公報 1994-2004年 日本国実用新案登録公報 1996-2004年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 01-177003 A (日本電信電話株式会社) 1989. 07. 13, 全文全図 (ファミリーなし)	1-27
Y	JP 06-003563 A (旭化成工業株式会社) 1994. 01. 14, 全文全図特に[0037] (ファミリーなし)	1-27
Y	JP 06-204591 A (富士電気株式会社) 1994. 07. 22, 全文全図 &US 00542438 A	1-27
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 10. 12. 2004	国際調査報告の発送日 28.12.2004	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 前田 典之	5 J 9073
電話番号 03-3581-1101 内線 3535		

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 07-140501 A (旭硝子株式会社) 1995.06.02, 全文全図 (ファミリーなし)	1-27